



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Veröffentlichung**  
⑩ **DE 44 80 341 T 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 60 K 28/06**

- der internationalen Anmeldung mit der
- ⑧⑦ Veröffentlichungsnummer: WO 95/18433  
in deutscher Übersetzung (Art. III 5 8 Abs. 2 int.Pat.ÜG)
  - ②① Deutsches Aktenzeichen: P 44 80 341.9
  - ⑧⑥ PCT-Aktenzeichen: PCT/JP94/02292
  - ⑧⑥ PCT-Anmeldetag: 28. 12. 94
  - ⑧⑦ PCT-Veröffentlichungstag: 6. 7. 95
  - ④③ Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: 21. 3. 96

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
28.12.93 JP 5-337407

⑦① Anmelder:  
Mitsubishi Jidosha Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:  
Ralf Kern und Kollegen, 80686 München

⑦② Erfinder:  
Nakamura, Keiichi, Tokio/Tokyo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Sicherheitsfahrssystem

DE 4480341 T 1

DE 4480341 T 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 96 508 872/4

2/5

1

MITSUBISHI JIDOSHA KOGYO K.K.  
MIT 42D  
Ba/oh

## B E S C H R E I B U N G

## Sicherheitsfahrssystem

## GEBIET DER ERFINDUNG

Die Erfindung betrifft ein Sicherheitsfahrssystem für ein Kraftfahrzeug und insbesondere ein Sicherheitsfahrssystem, das einen Fahrer warnt, der wahrscheinlich halbschlafend fährt.

## BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

Ein Kraftfahrzeug hat eine Anzahl von Vorrichtungen, die vom Fahrer betätigt werden, beispielsweise ein Lenkrad, ein Gaspedal, ein Bremspedal, einen Ganghebel, einen Blinkerhebel, einen Scheibenwischerschalter, Lampenschalter etc..

Je seltener derartige vom Fahrer betätigte Vorrichtungen betätigt werden müssen, umso monotoner wird das Fahren, und umso müder und schläfriger wird sich der Fahrer fühlen. In einem derartigen Zustand besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, daß der Fahrer wahrscheinlich in ein Fahren im Halbschlaf verfällt.

W Die japanische Patent-Offenlegungsschrift Sho 58-105844 offenbart ein Sicherheitsfahrssystem, bei dem ein Alarm ausgegeben wird, wenn eine vorbestimmte Zeitdauer verstrichen ist, bevor der Fahrer wenigstens eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen betätigt.

Ferner schlägt die japanische Patent-Offenlegungsschrift Sho 58-175094 ein Sicherheitsfahrssystem vor, welches einen Alarm im folgenden Fall ausgibt. Jedesmal, wenn eine vorbestimmte Zeitdauer verstrichen ist, bevor der Fahrer wenigstens eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen eine vorbestimmte Anzahl von Malen betätigt, wird der digitale Wert "1" in einem Zähler akkumuliert. Übersteigt der akkumulierte Wert einen voreingestellten Wert, wird ein Alarm ausgegeben, um den Fahrer zu warnen.

Es wurde festgestellt, daß ein Ausmaß an Zickzack-Fahren eines Fahrzeugs (im folgenden "Zickzack-Maß" genannt) von der Wachsamkeit des Fahrers abhängt. Figur 42 der beiliegenden Zeichnungen zeigt ein Beispiel von Daten, denen sich die Erfinder bewußt sind.

Die Erfassung des Zickzack-Maßes des Fahrzeugs ist in der japanischen Patent-Offlegungsschrift Sho 3-273498 offenbart. In dieser Veröffentlichung nimmt eine Videokamera Bilder einer Straßenoberfläche vor dem Fahrzeug auf. Ein Referenzpunkt einer Fahrspur wird auf der Basis eines Kreuzungspunktes von weißen Linien berechnet, welche die Fahrspur bestimmen. Weicht der Kreuzungspunkt der weißen Linien vom Referenzpunkt ab, wird überprüft,

ob die Abweichung einem Wendesignal entspricht. Falls nicht, wird ein Alarm ausgegeben.

Bei den vorerwähnten zwei Veröffentlichungen wird das Aktivitätsniveau des Fahrers auf der Basis der Häufigkeit der Betätigung von vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen periodisch erfaßt und überprüft. Es ist schwierig, die Wachsamkeit des Fahrers genau festzustellen, die sich kontinuierlich ändert.

Im dritten Beispiel wird Alarm ausgegeben, wenn die Abweichung des Fahrzeugs vom Referenzpunkt nicht genau dem Wendesignal entspricht. Es ist jedoch nicht immer zu folgern, daß ein Auseinanderfallen zwischen der Abweichung vom Referenzpunkt und dem Wendesignal genau der Wachsamkeit des Fahrers entspricht. Es ist erforderlich, genau die vorstehende Beziehung zwischen dem Zick-zack-Fahren des Fahrzeugs und der Wachsamkeit des Fahrers zu erfassen.

A Die vorliegende Erfindung soll ein Sicherheitsfahrssystem schaffen, das genau und kontinuierlich sich ändernde Wachsamkeiten des Fahrers erfaßt, nachdem er oder sie die Fahrt begonnen hat und den Fahrer warnt, falls erforderlich.

Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht darin, ein Sicherheitsfahrssystem zu schaffen, das genau die Wachsamkeit des Fahrers durch Erkennen von weißen Linien auf einer Straßenoberfläche erfaßt und den Fahrer erforderlichenfalls warnt.

## KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Sicherheitsfahrssystem geschaffen, welches umfaßt: einen Betriebserfassungsabschnitt mit einer Akkulatoreinrichtung zum periodischen Akkumulieren einer Konstante während des Betriebs eines Fahrzeugs und zum Ableiten der Monotonie, und eine Subtraktionseinrichtung zum Subtrahieren einer Gewichtung, die einer Betätigungsvorrichtung zugewiesen wird, mit Ausnahme eines Steuerrads, von einer Summe von akkumulierten Konstanten und zum Aktualisieren der Monotonie; einen Steuerbetätigungserfassungsabschnitt, der einen Betrag der Steuerbetätigung innerhalb einer voreingestellten Zeitdauer erfaßt; einen Fahrpositionserfassungsabschnitt mit einem Bilddatenspeicher, der wahlweise fotografierte Bilder einer Straßenoberfläche vor einem Fahrzeug empfängt und speichert, eine Bildverarbeitungseinrichtung, die Daten von weißen Linien extrahiert, die eine Fahrspur auf der Straßenoberfläche bestimmen, und die Koordinaten der weißen Linien bestimmt, und einen Zickzack-Maß-Berechnungsabschnitt, der ein Zickzack-Maß erfaßt, das einer Abweichung der weißen Linien auf horizontalen Koordinaten entspricht; einen mehrwertigen Folgerungsabschnitt, der die Wachsamkeit des Fahrers unter Verwendung von Mitgliedsfunktionen des Betriebserfassungsabschnitts und des Steuererfassungsabschnitts ableitet; und einen Warnabschnitt, der

Aufwachteile in Abhängigkeit der Wachsamkeit des Fahrers aktiviert.

Der Lenkerfassungsabschnitt erfaßt die Lenkbeträge des Lenkrads als Zustandsdaten auf dem Lenkrad innerhalb der voreingestellten Zeitdauer.

Der Lenkerfassungsabschnitt umfaßt wenigstens einen Lenkgeschwindigkeitssensor zum Berechnen einer durchschnittlichen Lenkgeschwindigkeit als Daten des Lenkrads innerhalb der voreingestellten Zeitdauer, oder einen Lenksensor, der die Anzahl der Lenkbetätigungen innerhalb der voreingestellten Zeitperiode erfaßt.

Der Zickzack-Maß-Berechnungsabschnitt setzt die Zickzack-Beträge auf Null, die gesammelt werden, während ein Fahrtrichtungsänderungssignal vorliegt. Dies ermöglicht, daß die Wachsamkeit des Fahrers genau erfaßt werden kann.

Der mehrwertige Folgerungsabschnitt leitet die Wachsamkeit des Fahrers unter Verwendung des durchschnittlichen Zickzack-Maßes während einer Anfangsperiode unmittelbar nach Betätigen des Fahrzeugs als einen Referenzwert der Mitgliedsfunktion für den Fahrpositionserfassungsabschnitt ab.

Bei der vorstehenden Anordnung der Erfindung summiert der Betriebserfassungsabschnitt periodisch eine Konstante auf, um die Monotonie abzuleiten. Jedesmal, wenn eine vom Fahrer betätigbare Vorrichtung mit Ausnahme eines Lenkrads betätigt wird, wird eine der betätigten Vorrichtung

zugeordnete Gewichtung von der Summe der Konstanten abgezogen, wodurch die Monotonie aktualisiert wird. Der Lenkerfassungsabschnitt berechnet einen Lenkbetrag während der voreingestellten Zeitdauer. Im Fahrpositionserfassungsabschnitt empfängt der Bilddatenspeicher Bilder von der Straßenoberfläche vor einem Fahrzeug, die von einer Kamera aufgenommen werden, der Bildprozessor bestimmt die Koordinaten von weißen Linien in den Bildern, der Zickzack-Maß-Berechnungsabschnitt erfaßt ein Zickzack-Maß, d.h. die Abweichung der weißen Linien auf horizontalen Koordinaten, und der mehrwertige Folgerungsabschnitt transformiert die laufende Monotonie, den Lenkbetrag und das Zickzack-Maß unter Verwendung von Mitgliedsfunktionen, die diesen zugeordnet sind. Anschließend leitet der mehrwertige Folgerungsabschnitt die Wachsamkeit des Fahrers ab. Der Aufweckabschnitt betätigt die Aufweckteile in Abhängigkeit der Wachsamkeit des Fahrers, so daß der Fahrer gewarnt wird. Auf diese Weise kann das Sicherheitsfahrssystem die Wachsamkeit des Fahrers genau erfassen und den Fahrer warnen, wodurch ein sicheres Fahren sichergestellt ist.

Der Lenkerfassungsabschnitt sammelt Daten des Lenkbetrags innerhalb einer voreingestellten Zeitdauer, was ein Steuerverfahren vereinfacht.

Der Lenkerfassungsabschnitt umfaßt wenigstens einen Lenkgeschwindigkeitssensor oder einen Lenkbetätigungs-sensor, um das Steuerverfahren zuverlässig auszuführen.

Der Zickzack-Ausmaß-Berechnungsabschnitt stellt die Zickzack-Beträge auf Null, die während des Vorliegens eines Fahrtrichtungsänderungssignals gesammelt werden. Dies ermöglicht, daß die Wachsamkeit des Fahrers genau ohne Störungen erfaßt wird, welche das Zickzack-Ausmaß beeinflussen.

Der mehrwertige Folgerungsabschnitt leitet die Wachsamkeit des Fahrers unter Verwendung eines durchschnittlichen Zickzack-Ausmaßes während einer Anfangsperiode unmittelbar nach Betätigung des Fahrzeugs als einen Referenzwert der Mitgliedsfunktion für den Fahrpositionserfassungsabschnitt ab.

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung ist ein Sicherheitsfahrssystem vorgesehen, welches umfaßt: einen Betriebserfassungsabschnitt mit einer Akkumulationseinrichtung zum periodischen Akkumulieren einer Konstante während des Betriebs eines Fahrzeugs und zum Ableiten der Monotonie und einer Subtraktionseinrichtung zum Subtrahieren einer der betätigten Vorrichtung zugeordneten Gewichtung mit Ausnahme eines Steuerrads von einer Summe von akkumulierten Konstanten und zum Aktualisieren der Monotonie; einen Lenkbetätigungserfassungsabschnitt, der einen Betrag der Lenkbetätigung innerhalb einer vorein-gestellten Zeitdauer erfaßt; einen mehrwertigen Folgerungsabschnitt, der die Wachsamkeit des Fahrers unter Verwendung von Mitgliedsfunktionen des Betriebserfassungsabschnitts und des Lenkerfassungsabschnitts ableitet; und einen Warnabschnitt, der



Aufweckteile in Abhängigkeit der Wachsamkeit des Fahrers aktiviert.

Bei der zweiten Anordnung der Erfindung akkumuliert die Akkumulationseinrichtung periodisch eine Konstante während des Betriebs eines Fahrzeugs und des Ableitens der Monotonie. Die Subtraktionseinrichtung subtrahiert eine der betätigten Vorrichtung zugeordnete Gewichtung mit Ausnahme eines Steuerrads von einer Summe der akkumulierten Konstanten und aktualisiert die Monotonie. Der Lenkerfassungsabschnitt erfaßt einen Betrag der Lenkbetätigung innerhalb der voreingestellten Zeitdauer. Der mehrwertige Folgerungsabschnitt leitet die Wachsamkeit des Fahrers unter Verwendung von Mitgliedsfunktionen des Betriebserfassungsabschnitts und des Lenkbetätigungsensors ab. Der Warnabschnitt aktiviert Aufweckteile in Abhängigkeit der Wachsamkeit des Fahrers.

Die sich kontinuierlich ändernde Wachsamkeit des Fahrers wird zuverlässig und genau auf der Basis der Monotonie und des Lenkbetrags erfaßt, um den Fahrer in Abhängigkeit der Wachsamkeit zu warnen und ein sicheres Fahren sicherzustellen. Die Sicherheitsvorrichtung ist vereinfacht und wird mit verringerten Kosten hergestellt.

Der Warnabschnitt betätigt eines der Aufweckteile entsprechend der Wachsamkeit des Fahrers und warnt den Fahrer in geeigneter Weise, ohne daß eine unerwünschte Beanspruchung des Fahrers auftritt.

## KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

3

Figur 1 ist eine schematische Aufzeichnung des Aufbaus eines Sicherheitsfahrsystems gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

Figur 2 ist ein Beispiel einer Bildschirmanzeige, die von einem Fahrpositionssensor des in Fig. 1 gezeigten Sicherheitsfahrsystems verwendet wird;

Figur 3 ist eine graphische Darstellung eines Zickzack-Betrages eines Fahrzeugs, während ein Fahrer vollständig wach ist, und während der Fahrer schläfrig ist;

Figur 4 ist eine graphische Darstellung der Leuchtkräfte in einem Bild einer Fahrbahnoberfläche mit weißen Linien, die von einem Fahrpositionserfassungsabschnitt des Sicherheitsfahrsystems verarbeitet wird;

Figur 5 ist eine graphische Darstellung der Leuchtkräfte von Fig. 4, die unterschiedlich gefiltert sind;

Figur 6 ist eine charakteristische Kurve einer zeitabhängigen Veränderung der Mittelposition zwischen weißen Linien zu einer Zeit, wenn der Fahrer die Fahrspur wechselt;

Figur 7 ist eine schematische Darstellung der Art und Weise, wie ein Fahrzeug eine Fahrspur wechselt;

Figur 8 ist eine charakteristische Kurve einer Veränderung des Lenkradwinkels über die Zeit;

Figur 9 ist ein Flußdiagramm eines Steuerverfahrens des Sicherheitsfahrsystems;

Figur 10 ist eine Fortsetzung des Flußdiagramms von Fig. 9;

Figur 11 ist eine Fortsetzung des Flußdiagramms von Fig. 10;

Figur 12 ist eine Fortsetzung des Flußdiagramms von Fig. 11;

Figur 13 ist ein Flußdiagramm eines weiteren Steuerverfahrens des Sicherheitsfahrsystems;

Figur 14 ist eine charakteristische Kurve einer Veränderung der Monotonie über die Zeit;

Figur 15 ist eine schematische Darstellung eines Modells einer Mitgliedsfunktion, die für das Sicherheitsfahrssystem verwendet wird, um eine mehrwertige Folgerung durchzuführen;

Figur 16 ist eine graphische Darstellung einer Form einer Mitgliedsfunktion bezüglich der Wachsamkeit

des Fahrers;

Figur 17 zeigt eine Form einer Mitgliedsfunktion bezüglich der Monotonie;

Figur 18 zeigt eine Form einer Mitgliedsfunktion bezüglich eines Betrages, mit dem ein Lenkrad betätigt wird;

Figur 19 zeigt eine Form einer Mitgliedsfunktion bezüglich eines Zickzack-Ausmaßes des Fahrzeugs;

Figur 20 zeigt ein Format einer Steuervorschrift, die für die mehrwertige Folgerung des Sicherheitsfahrsystems von Fig. 1 verwendet wird;

Figur 21 zeigt ein Format der Steuervorschrift, auf die mehrwertige Konversionsgrade angewendet werden;

Figur 22 ist ein Flußdiagramm, das zeigt, wie das Sicherheitsfahrsystem eine Aufweckeinheit betätigt;

Figur 23 ist eine schematische Darstellung der Ausgestaltung eines Sicherheitsfahrsystems gemäß einer zweiten Ausführungsform;

Figur 24 ist ein Flußdiagramm eines Steuerverfahrens des Sicherheitsfahrsystems von Fig. 23;

Figur 25 ist eine Fortsetzung von Fig. 24;

Figur 26 ist eine Fortsetzung von Fig. 25;

Figur 27 ist eine Fortsetzung von Fig. 26;

Figur 28 ist eine charakteristische Kurve einer Beziehung zwischen der Anzahl von Lenkbetätigungen und einer Lenkgeschwindigkeit;

Figur 29 zeigt eine Form der Mitgliedsfunktion bezüglich der Lenkgeschwindigkeit, die vom Sicherheitsfahrssystem von Fig. 23 verwendet wird;

Figur 30 zeigt eine Form der Mitgliedsfunktion bezüglich der Anzahl der Lenkbetätigungen, die vom Sicherheitsfahrssystem von Fig. 23 verwendet wird;

Figur 31 zeigt ein Format einer Steuervorschrift, die für das Sicherheitsfahrssystem verwendet wird, um die mehrwertige Folgerung auszuführen;

Figur 32 zeigt ein Format der Steuervorschrift, bei der die mehrwertigen Konversionsgrade angewendet werden;

Figur 33 zeigt eine Form einer Mitgliedsfunktion bezüglich der Wachsamkeit des Fahrers, die vom Sicherheitsfahrssystem von Fig. 22 verwendet wird;

Figur 34 zeigt eine Form einer Mitgliedsfunktion bezüglich einer Nichtbetriebsperiode, die von einer

Modifikation des Sicherheitsfahrsystems von Fig. 34 verwendet wird;

Figur 35 ist eine schematische Darstellung der Ausgestaltung eines Sicherheitsfahrsystems gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung;

Figur 36 ist ein Flußdiagramm eines Steuerverfahrens des Sicherheitsfahrsystems von Fig. 35;

Figur 37 ist eine Fortsetzung von Fig. 36;

Figur 38 ist eine Fortsetzung von Fig. 37;

Figur 39 zeigt ein Format einer Steuervorschrift, die für das Sicherheitsfahrsystem von Fig. 35 verwendet wird, um eine mehrwertige Folgerung auszuführen;

Figur 40 zeigt ein Format der Steuervorschrift, bei der die mehrwertigen Konversionsgrade angewendet werden;

Figur 41 ist eine graphische Darstellung einer Mitgliedsfunktion bezüglich der Wachsamkeit des Fahrers, die vom Sicherheitsfahrsystem von Fig. 35 verwendet wird;

Figur 42 ist eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen einem Zickzack-Ausmaß des Fahrzeugs und der Wachsamkeit des Fahrers.

## BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Ein Sicherheitsfahrssystem S1 gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist ausgestaltet, wie in Figur 1 gezeigt.

Das Sicherheitsfahrssystem S1 umfaßt eine Kamera 2 (im vorderen Teil eines nicht gezeigten Fahrgastbereichs angeordnet), einen Bildprozessor 3, der mit der Kamera 2 verbunden ist, eine Steuereinheit 4, ein Display 6 und eine Aufweckeinheit 7. Die Kamera 2 nimmt Bilder der Fahrbahnoberfläche vor dem Fahrzeug auf, wie in Figur 2 gezeigt. Das Display 6 und die Aufweckeinheit 7 warnen den Fahrer.

Die Steuereinheit 4 ist mit dem Bildprozessor 3 über eine Verbindungsleitung verbunden, um Signale dazwischen zu übertragen.

Die Kamera 2 nimmt Bilder der Fahrbahnoberfläche vor dem Fahrzeug auf. Jedes Bild wird auf einem Bildschirm A0 angezeigt, wie in Figur 2 gezeigt.

Der Bildprozessor 3 besitzt bekannte Bildverarbeitungsfunktionen und enthält einen Bilddatenspeicher C1 und eine Bildverarbeitungseinheit C2, von denen beide als Teil eines Fahrpositionserfassungsabschnitts C dienen.

Der Bilddatenspeicher C1 empfängt periodisch und wahlweise Standbilder P1 von der Kamera 2 (Figur 2 zeigt

ein Beispiel derartiger Bilder auf dem Bildschirm Ao), und speichert diese in seinem aktualisierten Bildbereich.

Die Bildverarbeitungseinheit C2 verarbeitet die Bilder sequentiell. Die Bildverarbeitungseinheit C2 empfängt Daten eines letzten Bildes P1 (in Figur 2 gezeigt) vom aktualisierten Bildbereich. Wie aus Figur 2 ersichtlich, erstrecken sich auf dem Bildschirm Ao die Linien n1, n2 und n3 (die vorher eingegeben werden) von einer Vielzahl von Punkten auf der Y-Achse (in vertikaler Richtung) und längs der X-Achse (in horizontaler Richtung). Ein erfaßtes Signal, das fotografisch für längs der Linien n1, n2 und n3 vorhandene Bildelemente konvertiert wird, wird einer Analog-Digital-Umwandlung unterworfen und in ein Signal umgewandelt, das die Leuchtkräfte angibt, wie in Figur 4 gezeigt. Werte, die Leuchtkräfte der Bildelemente auf den entsprechenden Linien repräsentieren, werden unterschiedlich nacheinander gemäß der Formel (1) gefiltert.

$$f(i,j) = -1xf(i-3,j) - 1xf(i-2,j) - 1xf(i-1,j) + 0xf(i,j) + 1xf(i+1,j) + 1xf(i+2,j) + 1xf(i+3,j) \quad (1)$$

Die Werte, welche die Leuchtkräfte der Bildelemente auf den Linien n1, n2 und n3 repräsentieren, werden geglättet und in Leuchtkraftunterschiede von benachbarten Bildelementen umgewandelt, wie in Figur 5 gezeigt.

Danach sucht der Bildverarbeitungsabschnitt C2 nach Kandidatpunkten Pa der weißen Linien, indem die Leuchtkraftunterschiede der benachbarten Bildelemente auf den



Linien  $n_1$ ,  $n_2$  und  $n_3$  mit einem voreingestellten Scheibenlevel  $s_1$  verglichen werden.

Auf der Basis von Daten der Kandidatpunkte  $P_a$  auf den Linien  $n_1$ ,  $n_2$  und  $n_3$  wird eine Berechnung durchgeführt, um die rechte und linke weiße Linie  $L_R$  und  $L_L$  abzuleiten. In diesem Fall werden die Daten der Kandidatpunkte  $P_a$  auf den Linien  $n_1$ ,  $n_2$  und  $n_3$  unter Verwendung des Verfahrens der letzten Quadrate berechnet, um Positionen  $(Y_{Rn} = aX_{Rn} + b)$  und  $(Y_{Ln} = cX_{Ln} + d)$  der weißen Linien  $L_R$  und  $L_L$  der X- und Y-Koordinaten abzuleiten. Die abgeleiteten Positionen werden zur Steuereinheit 4 ausgegeben.

Die Steuereinheit 4 umfaßt einen Controller 8, der einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 10 aufweist, einen Bremsensensor 11, einen Auspuffbremsensensor 12, einen Ganghebelsensor 13, einen Blinkersensor 14, einen Scheibenwischersensor 15, einen Lampenschaltersensor 16 und einen Lenkwinkelsensor 17. Diese Sensoren werden verwendet, um die Betätigung der zugeordneten Vorrichtungen zu erfassen.

Der Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 10 erfaßt eine Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$ . Der Bremsensensor 11 umfaßt die Betätigung eines Bremspedals. Der Abgasbremsensensor 12 erfaßt die Betätigung eines Abgasbremsenschalters. Der Ganghebelsensor 13 erfaßt die Betätigung eines Ganghebels eines Getriebes. Der Blinkersensor 14 erfaßt die Betätigung eines Blinkerhebels. Der Scheibenwischersensor 15 erfaßt die Betätigung eines Scheiben-

wischerschalters. Der Lampenschaltersensor 16 erfaßt die Betätigung eines Lampenschalters. Der Lenkwinkelsensor 17 erfaßt einen Lenkwinkel  $Q$  eines Lenkrads.

Der Controller 8 ist ebenso mit einem Timer 18, Zähler 19 und 20, dem Display 6, der Aufweckeinheit 7 und dem Speicher 21 verbunden.

Die Aufweckeinheit 7 umfaßt vier Aufweckteile 7a, 7b, 7c und 7d.

Das Aufweckteil 7a gibt einen Geruch oder eine Brise aus und bietet den geringsten Aufweckeffekt.

Das Aufweckteil 7b gibt Lichtstrahlen oder einen Luftstoß aus und bietet einen Aufweckeffekt, der größer ist als derjenige der Aufweckeinheit 7a.

Das Aufweckteil 7c gibt Töne aus oder erzeugt Vibrationen, und bietet einen Aufweckeffekt, der größer ist als derjenige der Aufweckeinheit 7b.

Das Aufweckteil 7d gibt einen Geruch, Lichtstrahlen, einen Wind oder Vibrationen in Kombination aus oder erzeugt einen elektrischen Stoß, und bietet den höchsten Aufweckeffekt.

Der Timer 18 mißt verschiedene Perioden und Steuerzyklen.

Der Speicher 21 speichert Gewichte  $n_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ), die vorher der Betätigung der verschiedenen vom Fahrer

betätigbaren Vorrichtungen zugeordnet werden.. Der Speicher 21 speichert auch Daten hinsichtlich verschiedener Referenzwerte.

Die Gewichte  $n_i$  werden unter Berücksichtigung der Langweiligkeit bestimmt, die in Abhängigkeit einer Betätigungsart verringert wird, die vom Fahrer ausgeführt wird. Beispielsweise wird der Betätigung des Blinkerhebels vor der Fahrbahnänderung als Gewichtung  $n_i$  eine "1" zugeordnet. Der Betätigung des Bremspedals zum Anhalten oder Verlangsamen des Fahrzeugs wird als Gewichtung  $n_i$  "2,5" zugeordnet. Anders ausgedrückt, eine Betätigung des Blinkerhebels wird als Betätigungszahl "1" erfaßt, während eine Betätigung des Bremspedals als Betätigungszahl "2,5" erfaßt wird.

Den übrigen Betätigungen werden Gewichtungen  $n_i$  in Abhängigkeit des Ausmaßes zugeordnet, mit dem die Langweiligkeit unterbrochen wird.

Die Steuereinheit 4 besteht hauptsächlich aus einem Mikrocomputer und arbeitet als eine Zickzack-Ausmaß-Berechnungseinrichtung C3, einem Betriebserfassungsabschnitt A, einem Lenkerfassungsabschnitt B, einem mehrwertigen Folgerungsabschnitt D zum Ableiten der Wachsamkeit des Fahrers, einem Referenzwerteinstellabschnitt E und einem Warnabschnitt F.

Die Zickzack-Ausmaß-Berechnungseinrichtung C3 bildet einen Teil des Fahrpositionserfassungsabschnitts C und nimmt vom Bildprozessor wiederholt Daten auf den

Positionen ( $Y_{Rn} = cX_{Rn} + b$ ) und ( $Y_{Ln} = cX_{Ln} + d$ ) der weißen Linien  $L_R$  und  $L_L$  auf den X- und Y-Koordinaten auf. Anschließend berechnet die Zickzack-Ausmaß-Berechnungseinrichtung C3 sequentiell die X-Koordinaten ( $X_{Rn1}$ ,  $X_{Ln1}$ ), ( $X_{Rn2}$ ,  $X_{Ln2}$ ) und ( $X_{Rn3}$ ,  $X_{Ln3}$ ) der weißen Linien  $L_R$  und  $L_L$  und leitet die Abweichungen der weißen Linien auf den X-Koordinaten, d.h. Referenzabweichungen, als Zickzack-Ausmaß  $R_n$  ab.

Wie aus Figur 3 ersichtlich, ist das Zickzack-Ausmaß  $R_n$  dann, wenn sich der Fahrer schläfrig fühlt, viel größer als das Zickzack-Ausmaß  $R_n$ , während der Fahrer wachsam ist.

Der Referenzeinstellabschnitt E bleibt für eine Anfangsperiode einer vorgegebenen Länge  $t_{s1}$  aktiv, nachdem das Fahrzeug betrieben wird. Der Referenzwerteinstellabschnitt E führt seine Betätigung in den folgenden vier Schritten (1) bis (4) durch.

(1) Er stellt die Anfangsperiode  $t_{s1}$  ein, nachdem das Fahrzeug gestartet wird.

(2) Er liest ein Gewicht  $n_i$  vom Speicher 21 jedesmal, wenn wenigstens eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen mit Ausnahme des Lenkrads vom Fahrer betätigt wird.

(3) Er addiert die Gewichte  $n_i$  im Zähler 19 und hält eine Summe  $n$  ( $n = \sum n_i$ ) als Gesamtanzahl  $N_o$  der Betätigungen während der Anfangsperiode. Die Gewichte  $n_i$  werden

addiert, um einer gleichzeitigen Betätigung einer Vielzahl von Vorrichtungen gewachsen zu sein, obwohl eine derartige Situation tatsächlich selten ist.

(4) Er speichert im Speicher 21 die gesamte Anzahl  $N_0$  der Betätigungen, einen Mittelwert  $SQ_m$  der Lenkbeträge  $SQ$ , und einen Mittelwert  $RN_s$  der Zickzack-Beträge  $R_n$  als Referenzwerte, nachdem die Anfangsperiode verstrichen ist.

Der Betriebserfassungsabschnitt A wird aktiv, nachdem die Anfangsperiode abgelaufen ist, und arbeitet in den folgenden Schritten (1) bis (8).

(1) Er läßt den Timer 18 eine Periode  $t_2$  zählen, die nach der Anfangsperiode andauert, bis das Fahrzeug angehalten wird, und wird "Fahrperiode  $t_2$ " genannt, und eine Wachsamkeitsbestimmungsperiode  $t_3$ , welche eine Datensammelungsperiode und eine Datenberechnungsperiode umfaßt.

(2) Er arbeitet als Akkumulationsteil A1, das den Zähler 19 eine voreingestellte Konstante  $T_0$  jede 1/10 Sekunden zählen läßt, um die Monotonie T zu bestimmen.

(3) Er liest eine Gewichtung  $n_i$  vom Speicher 21 jedesmal, wenn wenigstens eine Vorrichtung außer dem Lenkrad vom Fahrer betätigt wird.

(4) Er addiert die gelesenen Gewichtungen  $n_i$  im Zähler 19 und hält die Summe  $n$  ( $n = \sum n_i$ ) als Gesamtanzahl  $N$  der Betätigungen.

(5) Er teilt die Fahrperiode  $t_2$  in die Anzahl  $N$  der Gesamtbetätigungen, um eine mittlere Nichtbetätigungsperiode ( $= t_2/N$ ) zwischen den Betätigungen der verschiedenen Einrichtungen abzuleiten.

(6) Er multipliziert die mittlere Nichtbetätigungsperiode ( $= t_2/N$ ) und die Konstante  $T_0$  und berechnet einen Zuwachs in der Monotonie ( $= t_2/N \cdot T_0$ ) zwischen den Betätigungen der verschiedenen Vorrichtungen.

(7) Er multipliziert den Zuwachs in der unterbrochenen Monotonie und die Summe  $n$  (aufsummierte Gewichtungen  $n_i$ ), um ein verringertes Maß der Monotonie [ $= t_2/N \cdot T_0 \cdot n$ ] durch eine laufende Betätigung abzuleiten.

(8) Er arbeitet als Subtraktionsteil A2, um die reduzierte Monotonie vom Zähler 19 abzuziehen, und aktualisiert die Monotonie  $T$ .

Der Lenkerfassungsabschnitt B wird nach dem Verstreichen der Anfangsperiode aktiv und arbeitet in den folgenden zwei Schritten.

(1) Er speichert die Lenkwinkeldaten, die vom Lenkwinkelsensor 17 erfaßt werden.

(2) Er leitet ein Betätigungsmaß SQ (im folgenden "Lenkbetrag SQ" genannt) des Lenkrads in der Datensammelungsperiode unter Verwendung der Formel (2) auf der Basis der Lenkwinkeldaten Q ab, die in der letzten Einheitszeit (beispielsweise eine Minute) gesammelt werden.

$$SQ = \sum_{i=1}^{n-1} \text{ABS} (q_{i+1} - q_i) \quad (2)$$

Wie aus Figur 8 ersichtlich, wird jede 1/10 Sekunden (dt), d.h. dem Steuerzyklus, eine Differenz ( $q_{i+1} - q_i$ ) zwischen vorherigen Lenkwinkeldaten  $q_i$  und laufenden Lenkwinkeldaten  $q_{i+1}$  berechnet. Die berechneten Differenzen ( $q_{i+1} - q_i$ ) werden nacheinander aufsummiert, so daß die in der Einheitszeit addierten Werte ( $q_1$  bis  $q_n$ ) als Lenkbetrag SQ berechnet werden.

Der mehrwertige Folgerungsabschnitt D wird nach dem Verstreichen der Anfangsperiode aktiv und leitet die Wachsamkeit des Fahrers auf der Basis der Monotonie T (vom Betätigungsdetektor A) ab, den Lenkbetrag SQ (vom Lenkradbetätigungserfassungsabschnitt D), und das Zickzack-Ausmaß Rn (vom Fahrpositionserfassungsabschnitt C).

Der mehrwertige Folgerungsabschnitt D führt die Bestimmung der Wachsamkeit jede Minute aus, um die Wachsamkeit zu aktualisieren. In diesem Fall werden Daten, die für jeden Bestimmungszyklus verwendet werden, 10 Minuten lang unmittelbar vor jedem Bestimmungszyklus gesammelt und dem mehrwertigen Folgerungsabschnitt D mit

einer Verzögerung von einer Minute nacheinander zugeführt.

Der Warnabschnitt F wird nach dem Verstreichen der Anfangsperiode aktiv und aktiviert wahlweise die Aufweckteile 7a, 7b, 7c oder 7d entsprechend der Wachsamkeit des Fahrers.

Die vorstehende Betätigungssequenz wird unter Bezugnahme auf die in den Figuren 9 bis 13 und 22 gezeigten Flußdiagramme beschrieben.

Wird ein Zündschalter umgedreht, um einen Fahrzeugmotor zu betätigen, werden die Kamera 2, der Bildprozessor 3 und die Steuereinheit 4 aktiviert. Der Controller 8 überwacht eine Fahrzeuggeschwindigkeit V, die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 10 erfaßt wird (Schritt 101).

Der Timer 18 startet das Zählen der Anfangsperiode  $t_1$  (Sekunden), nachdem die Fahrzeuggeschwindigkeit V einen voreingestellten Wert  $V_1$  überschreitet (Schritt 102). Anschließend wird ein Fotografierbefehl zur Kamera 2 und dem Bildprozessor 3 ausgegeben. Der Bildprozessor 3 verarbeitet die Bilder, wie später beschrieben wird:

Die voreingestellte Geschwindigkeit  $V_1$  wird unter der Annahme bestimmt, daß das Fahrzeug auf einer Schnellverkehrsstraße (sehr ebene Straße) fährt, wo der Fahrer sich wahrscheinlich müde fühlt; und wird zwischen 60 km und 70 km eingestellt.



Der Fahrer lenkt sein Fahrzeug, indem er verschiedene Vorrichtungen betätigt, beispielsweise das Gaspedal, das Bremspedal, den Abgasbremsschalter, den Ganghebel, den Blinkerhebel, den Scheibenwischerschalter, den Scheinwerferschalter und das Lenkrad.

Jedesmal, wenn wenigstens eine dieser Vorrichtungen mit Ausnahme des Lenkrads betätigt wird, wird eine Gewichtung  $n_i$ , die der betätigten Vorrichtung zugeordnet worden ist, vom Speicher 21 gelesen (Schritt 105).

Die gelesene Gewichtung  $n_i$  wird dem Zähler 19 (Schritt 106) als Summe  $n$  hinzugefügt, unter Berücksichtigung, daß eine andere Vorrichtung gleichzeitig betätigt sein kann. Die Summe  $n$  wird als Gesamtzahl  $N_o$  der Betätigungen während der Anfangsperiode gehalten (Schritt 107).

$$n = \sum n_i$$

$$N_o = N_o + n$$

Jedesmal, wenn das Lenkrad betätigt wird, erfaßt der Lenkwinkelsensor 17 einen Lenkwinkel  $Q$ . Danach (bestätigend in Schritt 108) wird der Lenkbetrag  $SQ$  auf der Basis des Lenkwinkels  $Q$  und unter Verwendung der Formel (2) abgeleitet und im Speicher 21 gespeichert (Schritt 109).

Während der Anfangsperiode  $t_1$  liefert der Bildprozessor 3 sequentiell die Positionen ( $Y_{Rn} = aX_{Rn} + b$ ) und

( $Y_{Ln} = cX_{Ln} + d$ ) der weißen Linien  $L_R$  und  $L_L$  auf den X- und Y-Koordinaten (Schritt 110), welche sequentiell im Speicher 21 gespeichert werden.

Überschreitet die Anfangsperiode  $t_1$  die voreingestellte Länge  $t_{s1}$  (beispielsweise 20 Minuten) (Schritt 111), wird der Anfangszustand als vollständig durchgeführt erkannt.

Andererseits beginnt nach dem Empfangen des Fotografierbefehls der Bildprozessor 3, die weißen Linien entsprechend einer in Figur 13 gezeigten Sequenz während der Anfangsperiode abzuleiten.

In Schritt 300 wartet der Bildprozessor 3 auf den Fotografierbefehl. In Reaktion auf den Fotografierbefehl empfängt der Bildprozessor 3 Standbilder  $P1$ , die periodisch von der Kamera 2 aufgenommen werden und die Fahrbahnoberflächendaten repräsentieren, und speichert die Daten in einem aktualisierten Bilddatenbereich.

In Schritt 302 erhält der Bildprozessor 3 die Daten des letzten Bildes  $P1$  wieder vom aktualisierten Bilddatenbereich und erhält Daten, welche die Leuchtkräfte aller Bildelemente angeben, die auf den Linien  $n_1$ ,  $n_2$  und  $n_3$  im Bild  $P1$  vorhanden sind (Schritt 303). In den Schritten 304 und 305 werden die Daten, welche die Leuchtkräfte von jedem zwei benachbarten Bildelementen angeben, unterschiedlich gefiltert. Differenzen in den Leuchtkräften der Bildelemente werden mit dem Scheibenlevel  $s1$  verglichen, wodurch nach Kandidatpunkten  $Pa$  der weißen Linien gesucht wird.

Die Daten der Kandidatpunkte  $P_a$  auf den Linien  $n_1$ ,  $n_2$  und  $n_3$ , welche die weißen Linien kreuzen, werden unter Verwendung des Verfahrens der letzten Quadrate berechnet und verwendet, um die Positionen ( $Y_{Rn} = aX_{Rn} + b$ ) und ( $Y_{Ln} = cX_{Ln} + d$ ) der weißen Linien  $L_R$  und  $L_L$  auf den X- und Y-Koordinaten abzuleiten, welche zum Controller 8 geleitet werden (Schritt 306).

In Schritt 111 der Hauptroutine wird die Anfangsperiode als vollständig durchgeführt angesehen. In Schritt 112 werden die X-Koordinaten ( $X_{Rn1}$ ,  $X_{Ln1}$ ), ( $X_{Rn2}$ ,  $X_{Ln2}$ ) und ( $X_{Rn3}$ ,  $X_{Ln3}$ ) der weißen Linien  $L_R$  und  $L_L$  sequentiell eine vorbestimmte Anzahl von Malen auf der Basis der Positionsdaten ( $Y_{Rn} = aX_{Rn} + b$ ) und ( $Y_{Ln} = cX_{Ln} + d$ ) der weißen Linien  $L_R$  und  $L_L$  berechnet. Abweichungen der weißen Linien in X-Richtung, d.h. eine normale Abweichung, die dem Fahrer während der Anfangsperiode eigen ist, werden als anfängliches Zickzack-Ausmaß  $Rns$  berechnet. Das anfängliche Zickzack-Ausmaß  $Rns$  wird auf der Basis der Daten des Fahrers berechnet, die gesammelt werden, während der Fahrer während der Anfangsperiode unmittelbar nach Betreiben des Fahrzeugs voll wach ist.

In Schritt 113 wird der Lenkbetrag  $SQ$  auf der Basis der im Speicher 21 gespeicherten Lenkwinkeldaten  $Q$  und unter Verwendung der Formel (2) abgeleitet. Anschließend wird der Lenkbetrag  $SQ$  gelesen, um eine Summe  $SQ_m$  der Lenkbeträge während der Anfangsperiode abzuleiten (im folgenden "anfänglicher Lenkbetrag  $SQ_m$ " genannt).

Die Gesamtzahl  $N_0$  von Betätigungen, die vom Zähler 19 angegeben wird, die Summe  $SQ_m$  der Lenkbeträge während der Anfangsperiode und das anfängliche Zickzack-Ausmaß  $R_{ns}$  werden im Speicher 21 als Referenzwerte gespeichert (Schritt 114).

Während der Anfangsperiode  $t_{s1}$  werden die persönlichen Betätigungsdaten des Fahrers in der oben beschriebenen Weise gesammelt.

Nach dem Ablauf der Anfangsperiode beginnt der Timer 18, die Fahrperiode  $t_2$  und die Wachsamkeitsbestimmungsperiode  $t_3$  zu zählen, um die Wachsamkeit des Fahrers zu bestimmen (Schritt 115).

Überschreitet die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  den vorbestimmten Wert  $V_1$  (bestätigend in Schritt 116), wird überprüft, ob der Blinker aktiv ist. Ist der Blinker aktiv, wird das Zickzack-Ausmaß  $R_n$  auf Null in Schritt 118 zurückgesetzt, und die Steuerlogik geht zu Schritt 121 weiter.

Wie aus Figur 7 ersichtlich, ändert sich dann, wenn das Fahrzeug von der linken auf die rechte Fahrspur und wieder zurück auf die linke Fahrspur bewegt wird, wie durch den Blinker angegeben, der Ort des Mittelpunkts zwischen den weißen Linien ( $Y_{Rn} = aX_{Rn} + b$ ) und ( $Y_{Ln} = cX_{Ln} + d$ ), wie in Figur 6 gezeigt. In diesem Fall bewegt sich der Mittelpunkt extensiv von einer durch die Linie a gezeigten Position in eine durch eine Linie b gezeigte Position (entsprechend der rechten weißen Linie

der rechten Fahrspur), und kehrt zur Position zurück, die durch die Linie a gezeigt ist. Solange der Blinker aktiv ist, wird die Zickzack-Bewegung des Fahrzeugs nicht so betrachtet, daß es durch eine verringerte Wachsamkeit des Fahrers verursacht wird. In diesem Zustand wird das Zickzack-Ausmaß  $R_n$  auf Null derart zurückgesetzt, daß die Zickzack-Bewegung nicht der verringerten Wachsamkeit zugeordnet wird. Damit kann ein Fahren im Halbschlaf zuverlässig erfaßt werden.

Wird andererseits entdeckt, daß der Blinker in Schritt 117 inaktiv ist, geht die Steuerlogik zu den Schritten 119 und 120 weiter. Die Daten der letzten Positionen der weißen Linien ( $Y_{Rn} = aX_{Rn} + b$ ) und ( $Y_{Ln} = cX_{Ln} + d$ ) werden vom Bildprozessor 3 empfangen. Eine Abweichung der X-Koordinaten ( $X_{Rn1}, X_{Ln1}$ ), ( $X_{Rn2}, X_{Ln2}$ ) und ( $X_{Rn3}, X_{Ln3}$ ) der weißen Linien von den vorherigen X-Koordinaten, d.h. das Zickzack-Ausmaß  $R_n$ , wird berechnet und im Speicher 21 gespeichert.

In Schritt 121 wird der Lenkbetrag  $SQ$  unter Verwendung der Formel (2) auf der Basis der Lenkwinkeldaten  $Q$  abgeleitet (der in Figur 8 gezeigte Wert ( $q_{i+1} - q_i$ )) die vom Lenkwinkelsensor 17 erfaßt werden. Die Daten des Lenkwinkel  $SQ$  werden im Speicher 21 gespeichert.

Der Zähler 19 akkumuliert die Konstante  $T_0$  in ihrer Zahl, wodurch die aktualisierte Monotonie  $T$  abgeleitet wird (Schritt 122).

$$T = T + T_0$$

Die Konstante  $T_0$  wird wiederholt jede  $1/10$  Sekunde akkumuliert, d.h. der Steuerzykluszeit.

Jedesmal, wenn wenigstens eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen mit Ausnahme des Lenkrads betätigt wird (bestätigend in Schritt 123), wird die der betätigten Vorrichtung zugeordnete Gewichtung  $n_i$  vom Speicher 21 gelesen und in der Zahl des Zählers 19 als Summe  $n$  akkumuliert (Schritt 124). Anschließend wird die Summe  $n$  in der Gesamtzahl  $N$  akkumuliert (Schritt 125).

$$n = \sum n_i$$

$$N = N + n$$

Die Fahrperiode  $t_2$  wird durch  $N$  geteilt (der Gesamtzahl der Betätigungen), wodurch eine mittlere Nichtbetätigungsperiode ( $= t_2/N$ ) einer jeden Betätigung nach der Anfangsperiode abgeleitet wird.

Die mittlere Nichtbetätigungsperiode wird mit dem Anwachsen der Monotonie ( $= 10 \cdot T_0$ ) und der Summe  $n$  der Gewichtungen multipliziert. Damit wird die durch die laufende Betätigung reduzierte Monotonie  $[(t_2/N) \cdot 10 \cdot T_0 \cdot n]$  abgeleitet (in Schritt 126).

Die Monotonie  $T$  wird aktualisiert, indem die reduzierte Monotonie von der Zahl des Zählers 19 subtrahiert wird (Schritt 127).

$$T = T - [(t_2/N) \cdot 10 \cdot T_0 \cdot n]$$

Daher erhöht sich die Monotonie T weiterhin so lange, als keine Vorrichtung betätigt wird, wird jedoch durch eine Gewichtung reduziert, die einer Betätigungsvorrichtung zugeordnet ist, wie aus den experimentiellen Daten ersichtlich ist, die in Figur 14 gezeigt sind.

Wird die Monotonie T negativ (bestätigend in Schritt 127), wird sie auf Null zurückgesetzt (Schritt 128).

Die Monotonie T, der Lenkbetrag SQ und das Zickzack-Ausmaß Rn werden wiederholt berechnet und gespeichert, bis die Datensammelungsperiode in der Wachsamkeitsbestimmungsperiode  $t_3$  abläuft (Schritt 129).

Wird die Fahrzeuggeschwindigkeit V unter den vorbestimmten Wert V1 verringert (negativ in Schritt 116), wird der Lenkbetrag SQ, der im Speicher 21 gespeichert ist, auf Null gestellt (Schritt 130).

Die Wachsamkeitsbestimmungsperiode  $t_3$  wird gleichzeitig auf Null zurückgesetzt (Schritt 131). Wird die Fahrzeuggeschwindigkeit V Null, wird das Wachsamkeitsdisplay abgeschaltet, wie später beschrieben wird (Schritt 133). Die Monotonie T und die vorherigen X-Koordinaten der weißen Linien bleiben angezeigt.

Läuft die Datensammelungsperiode ab (bestätigend in Schritt 129), werden die gesammelten Daten bezüglich des Zickzack-Ausmaßes Rn, d.h. die Abweichung der weißen Linien auf den X-Koordinaten ( $Y_{Rn} = aX_{Rn} + b$ ) und

$(Y_{Ln} + cX_{Ln})$ , gemittelt, um ein mittleres Zickzack-Ausmaß  $Rn1$  zu erhalten (Schritt 134).

Lenkwinkel, die in der Datensammelungsperiode gesammelt werden, werden auf der Basis der Lenkwinkeldaten aufsummiert, die bereits gespeichert worden sind. Der Lenkbetrag  $SQ (= \sum Qn)$  wird im Speicher 21 gespeichert (Schritt 135).

In Schritt 136 wird die Wachsamkeit  $X$  abgeleitet.

Die Mitgliedsfunktionen für das Zickzack-Ausmaß  $Rs$ , die Monotonie  $T$  und den Lenkbetrag  $SQ$  werden vom Speicher 21 abgerufen.

Wie aus Figur 15 ersichtlich, hat jede Mitgliedsfunktion eine dreieckige Form und drei Abschnitte als ein Vorderglied mit Knickpunkten A, B und C.

Die Mitgliedsfunktion hängt von den Referenzwerten ab, die während der Anfangsperiode erhalten werden (d.h. dem mittleren Zickzack-Ausmaß  $Rns$ , der Monotonie  $T$ , dem Lenkbetrag  $SQm$ , und der Gesamtzahl  $No$  der Betätigungen), und von der Gesamtzahl  $N$  der Betätigungen, die nach der Anfangsperiode ausgeführt werden.

Die Knickpunkte A, B und C werden auf der Basis der in Tabelle 1 gezeigten Beziehungen bestimmt.



Tabelle 1

	A	B	C
Monotonie	$C \times 1/3$	$C \times 2/3$	40, Max. Max.-Wert , oder $a \times 12$ , hiervon der größte
Lenkbetrag	Min.-Wert oder Max. $\times 0.6$ , hiervon der kleinere	$(A+C)/2$  $(A+C)/2$	Max. -Wert  Max. -Wert
Zickzack-Ausmaß	Rns	$A \times 1.5$	$A \times 2$

(1) Die Mitgliedsfunktion für die Monotonie wird in drei Abschnitte "hoch", "mittel" und "niedrig" unterteilt. Der Knickpunkt A ist ein Drittel ( $1/3$ ) des Knickpunkts C, und der Knickpunkt B zwei Drittel ( $2/3$ ) des Knickpunkts C. Der Knickpunkt C ist 40, ein Maximum der Monotonie, oder  $12 \times a$  (wobei 12 eine Konstante und "a" ein Anwachsen der Monotonie während einer Nichtbetätigungsperiode bezeichnen), je nach dem, welcher der größte ist.

Das Anwachsen "a" der Monotonie wird folgendermaßen abgeleitet.

Die Anfangsperiode  $t_{s1}$  wird durch die Gesamtzahl  $N_o$  der Betätigungen dividiert, wodurch eine mittlere Nichtbetätigungsperiode "b" abgeleitet wird. Die mittlere Nichtbetätigungsperiode "b" wird mit dem Anwachsen der Monotonie pro Sekunde ( $= 10 \cdot T_o$ ) multipliziert, wodurch das Anwachsen "a" der Monotonie während der Nichtbetätigungsperiode abgeleitet wird, wie in Figur 17 gezeigt.

$$b = t_{s1}/N_o$$

$$a = (t_{s1}/N_o) \cdot 10 \cdot T_o$$

(2) Die Mitgliedsfunktion für den Lenkbetrag wird in drei Abschnitte "groß", "mittel" und "klein" unterteilt. Der Knickpunkt A ist der kleinere Wert eines minimalen Werts des Lenkbetrags  $SQ_n$  pro Datensammelungsperiode der Wachsamkeitsbestimmungsperiode  $t_3$  oder eines Werts, der durch Multiplikation des maximalen Lenkbetrags mit 0,6 abgeleitet wird. Der Knickpunkt B ist  $(A+C)/2$ , und der Knickpunkt C ist der maximale Lenkbetrag  $SQ_n$ . Auf Figur 18 wird Bezug genommen.

(3) Die Mitgliedsfunktion für das Zickzack-Ausmaß wird in drei Abschnitte "groß", "mittel" und "klein" unterteilt. Der Knickpunkt A ist das durchschnittliche Zickzack-Ausmaß  $R_{ns}$ , der Knickpunkt B ist  $1,5A$ , und der Knickpunkt C ist zweimal so groß wie A. Auf Figur 19 wird für tatsächliche Beispiele Bezug genommen.

Die Knickpunkte für die entsprechenden Mitgliedsfunktionen werden als Referenzwerte bestimmt, die für die mehrwertige Folgerung zu verwenden ist, wie oben beschrieben wurde. Während der Bestimmung der Wachsamkeit werden die Monotonie und der Lenkbetrag jedesmal aktualisiert, wenn sich ihre minimalen und maximalen Werte ändern, während das Zickzack-Ausmaß nicht aktualisiert wird, sobald sein Referenzwert bestimmt ist.

Die mehrwertige Schlußfolgerung wird unter Verwendung der vorstehenden Mitgliedsfunktionen ausgeführt, um die Wachsamkeit abzuleiten (Schritt 136).

Die mehrwertigen Konversionsgrade der Monotonie T werden unter Verwendung einer laufenden Monotonie T (Wert des Zählers 19) und der in Figur 17 gezeigten Mitgliedsfunktion berechnet.

Ist beispielsweise die laufende Monotonie T 20,57 und gehört sie zu den zwei "dazwischenliegenden" und "unteren" Abschnitten, werden zwei mehrwertige Konversionsgrade 0,76 und 0,24 abgeleitet.

Die mehrwertigen Konversionsgrade des Lenkbetrags werden unter Verwendung des Lenkbetrags SQn in der Datensammelungsperiode (in Schritt 135 abgeleitet) und der in Figur 18 gezeigten Mitgliedsfunktion berechnet.

Ist der durchschnittliche Lenkbetrag 6452 und gehört er beispielsweise zu den zwei Abschnitten "groß" und

"mittel", werden zwei mehrwertige Konversionsgrade 0,86 und 0,14 abgeleitet.

Die mehrwertigen Konversionsgrade des Zickzack-Ausmaßes werden unter Verwendung des durchschnittlichen Zickzack-Ausmaßes  $R_{n1}$  in der Datensammelungsperiode (in Schritt 134 abgeleitet) und der in Figur 19 gezeigten Mitgliedsfunktion berechnet.

Ist beispielsweise das Zickzack-Ausmaß 20,6 und gehört es zu den zwei Abschnitten "mittel" und "groß", werden die zwei mehrwertigen Konversionsgrade 0,95 und 0,05 abgeleitet.

Der Speicher 21 speichert ein Format einer Steuervorschrift ab, die in Figur 20 gezeigt wird. Die Wachsamkeit wird durch Anwenden der vorstehenden mehrwertigen Konversionsgrade auf die Steuervorschrift abgeleitet.

In diesem Fall werden drei mehrwertige Konversionsgrade berechnet. Die in Figur 21 mehrwertigen Konversionsgrade werden auf die in Figur 20 gezeigten unterstrichenen Werte angewendet.

Es gibt fünf Abschnitte 4, 3,5, 3, 2,5 und 2, wo die mehrwertigen Konversionsgrade für die Monotonie, den Lenkbetrag und das Zickzack-Ausmaß nicht 0 sind.

Ein dem Abschnitt 4 entsprechender maximaler mehrwertiger Konversionsgrad ist 0,05. Ein maximaler Wert der mehr-

wertigen Konversionsgrade für den Abschnitt 3,5 ist 0,05. Ein maximaler mehrwertiger Konversionsgrad für den Abschnitt 3 ist 0,14. Ein maximaler mehrwertiger Konversionsgrad für den Abschnitt 2,5 ist 0,76. Ein maximaler mehrwertiger Konversionsgrad für den Abschnitt 2 ist letztlich 0,76. Diese maximalen Werte werden unter Verwendung des sogenannten Min und Max zusammengesetzten Schwerpunktverfahrens abgeleitet.

Wie aus Figur 16 ersichtlich, hat die Mitgliedsfunktion für die Wachsamkeit eine dreieckige Form und neun Abschnitte, sowie Wachsamkeitslevel 1 bis 5. Diese Mitgliedsfunktion wird im Speicher 21 gespeichert.

Die vorstehenden mehrwertigen Konversionsgrade werden auf die Mitgliedsfunktion für die Wachsamkeit angewendet, wie durch die schraffierten Bereiche in Figur 16 gezeigt. Es wird der Schwerpunkt der schraffierten Bereiche berechnet, wodurch die Wachsamkeit X (= 2,6) abgeleitet wird. Damit ist die mehrwertige Schlußfolgerung vollständig durchgeführt. Danach wird die Wachsamkeit X auf dem Display 6 angezeigt (Schritt 137). Durch Beobachten des Displays 6 kann der Fahrer seinen Fahrzustand feststellen. Ferner kann ein Mitfahrer geeignete Schritte unternehmen, beispielsweise mit dem Fahrer sprechen, um den Fahrer zu warnen, wodurch verhindert wird, daß der Fahrer im Halbschlaf fährt.

Danach wird die Wachsamkeitsbestimmungsperiode  $t_3$  zwangsweise auf 60 Sekunden eingestellt (Schritt 139), so lange das Fahrzeug fährt. Anschließend wird die Steuerlogik zu

Schritt 116 zurückgeführt (Figur 10). Hört das Fahrzeug dagegen zu fahren auf, wird das Sicherheitsfahrssystem inaktiv.

Andererseits wird die durch die mehrwertige Schlußfolgerung bestimmte Wachsamkeit sequentiell mit voreingestellten Werten 4, 3, 2 und 1 verglichen, welche die Wachsamkeit repräsentieren und im Speicher 21 gespeichert worden sind (Schritte 201 bis 204).

Der Wert 4 gibt an, daß der Fahrer im wesentlichen halbschlafend ist. Der Wert 3 gibt an, daß der Fahrer döst und gelegentlich zickzack fährt. Der Wert 2 gibt an, daß der Fahrer häufig vom Kurs abweicht und sehr schläfrig wird. Der Wert 1 gibt an, daß der Fahrer leicht schläfrig wird.

Ist die Wachsamkeit X größer als der Wert 4 (bestätigend in Schritt 210), wird das Aufweckteil 7d eine vorbestimmte Zeit lang aktiv und gibt Lichtstrahlen, einen Luftstoß, einen Klang und Vibrationen in Kombination aus, oder versetzt dem Fahrer einen elektrischen Stoß (Schritt 205).

In dem Fall, daß die Wachsamkeit X größer ist als der Wert 3 (bestätigend in Schritt 202), wird das Aufweckteil 7c für eine vorbestimmte Zeitdauer aktiv und sendet einen Klang oder Vibrationen zum Fahrer aus (Schritt 206).

Ist die Wachsamkeit X größer als der Wert 2 (bestätigend in Schritt 203), wird das Aufweckteil 7b aktiv und sendet Lichtstrahlen oder einen Windstoß zum Fahrer aus (Schritt 207).

Ist letztlich die Wachsamkeit X größer als der Wert 1 (bestätigend in Schritt 204), wird das Aufweckteil 7a aktiv und sendet einen Duft oder eine Brise zum Fahrer aus (Schritt 208).

Ist die Wachsamkeit X jedoch kleiner als der Wert 1 (negativ in Schritt 204), wird kein Aufweckteil aktiviert.

Die Gegenmaßnahmen werden getroffen, um den Fahrer in Übereinstimmung mit der Wachsamkeit X zu warnen, wodurch ein Fahren im Halbschlaf verhindert und ein sicheres und zuverlässiges Fahren sichergestellt wird.

Bei dieser Ausführungsform werden fortlaufende Veränderungen des Zustands des Fahrers als Faktoren erkannt, welche die Müdigkeit angeben. Der Lenkbetrag wird als ein Faktor erkannt, welcher ein Fahren im Halbschlaf repräsentiert. Das Zickzack-Ausmaß wird in Abweichungsausdrücken von den weißen Linien auf der Fahrbahnoberfläche vor dem Fahrzeug bestimmt. Diese Faktoren werden als Eingaben für die mehrwertige Schlußfolgerung verwendet. Ferner werden die persönlichen Fahrdaten des Fahrers gesammelt und während der Initialisierungsperiode gespeichert, in welcher der Fahrer vollständig wach und es unwahrscheinlich ist, daß er im Halbschlaf fährt. Die

Tatsache, daß der Fahrer im Halbschlaf fährt, kann daher immer ohne Verzögerung zuverlässig festgestellt werden. Weiterhin kann der Fahrer in geeigneter Weise in Schritten gemäß seiner Wachsamkeit aufgeweckt werden.

Anstelle der oben beschriebenen können verschiedene andere Aufweckteile verwendet werden, beispielsweise durch Vibrieren des Fahrersitzes.

Figur 23 ist ein Blockdiagramm, welches die Ausgestaltung eines Sicherheitsfahrsystems S2 gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigt. Das Sicherheitsfahrsystem S2 unterscheidet sich vom Sicherheitsfahrssystem S1 von Figur 1 in folgender Hinsicht. Ein Lenkbetätigungsdetektor Ba und ein mehrwertiger Schlußfolgerungsabschnitt Da in einer Steuereinheit 4a arbeiten in einer Weise, die unterschiedlich ist zur Steuereinheit 4 der ersten Ausführungsform. Danach haben identische Teile die gleichen Bezugszeichen wie diejenigen der ersten Ausführungsform. Die Beschreibung konzentriert sich hauptsächlich auf diejenigen Punkte, die unterschiedlich sind.

Die Steuereinheit 4a enthält einen Controller 8a, mit dem verschiedene Sensoren in ähnlicher Weise wie mit der Steuereinheit 4 der ersten Ausführungsform verbunden sind. Der Fahrpositionserfassungsabschnitt C dient auch als eine Zickzack-Ausmaß-Berechnungseinrichtung C3. Die Steuereinheit 4a enthält auch den Betätigungserfassungsabschnitt A, den Referenzwerteinstellabschnitt E, den Warnabschnitt F, den Lenkbetätigungsdetektor Ba und den mehrwertigen Schlußfolgerungsabschnitt Da zum Folgern der



Wachsamkeit des Fahrers, ähnlich zur Steuereinheit 4 der ersten Ausführungsform.

Der Referenzwerteinstellabschnitt Ea wird während einer Anfangsperiode für eine vorgegebene Länge  $t_{s1}$  aktiv, nachdem das Fahrzeug betätigt wird, und arbeitet in den Schritten (1) bis (8).

(1) Er stellt die Anfangszeitdauer nach dem Start des Fahrzeugs ein.

(2) Jedesmal, wenn wenigstens eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen mit Ausnahme des Lenkrads vom Fahrer betätigt wird, liest er eine Gewichtung  $n_i$  vom Speicher 21.

(3) Er addiert die Gewichtungen  $n_i$  im Zähler 19 und hält die Summe  $n$  ( $n = \sum n_i$ ), und hält sie als die Gesamtzahl  $N_0$  der Betätigungen während der Anfangsperiode. Die Gewichtungen  $n_i$  werden addiert, um eine gleichzeitige Betätigung einer Vielzahl von Vorrichtungen zu berücksichtigen, obwohl eine derartige Situation in Wirklichkeit selten ist.

(4) Er speichert im Speicher 14 die Anzahl  $M$  der Lenkbetätigungen pro Minute, die durch Hochsetzen der Zahl des Zählers 19 um eins für jede Lenkperiode zwischen Punkten  $t_a$  oder  $t_b$  in Figur 28 erhalten wird. Das Lenkrad wird am Punkt  $t_a$  zwischen Punkten  $q_a$  und  $q_b$  umgedreht, und wird auch im Punkt  $t_b$  zwischen den Punkten  $q_c$  und  $q_d$  umgedreht. Ein Vorzeichen (+ oder -) einer

Differenz zwischen einem vorherigen Lenkwinkel  $Q$  und einem laufenden Lenkwinkel  $Q$ , der vom Lenkwinkelsensor 17 erfaßt wird, wird an den Punkten  $t_a$  und  $t_b$  umgedreht (in Figur 28 durch Kreise gezeigt).

(5) Er bestimmt die Lenkgeschwindigkeiten (Grad/Sekunde) auf der Basis der Lenkwinkel  $Q$ , die vom Lenkwinkelsensor 17 erfaßt werden, und eine Neigung ( $= dt/dQ$ ) einer geraden Linie  $L$ , welche die Punkte  $t_a$  und  $t_b$  verbindet, die Beginn und Ende/Beginn der zwei aufeinanderfolgenden Lenkdauern repräsentieren (Figur 28), und speichert die Lenkgeschwindigkeiten im Speicher 21.

(6) Er berechnet einen Durchschnitt  $d$  der Lenkgeschwindigkeiten, die nach Ablauf der Anfangsperiode gesammelt werden.

(7) Er liest vom Speicher 21 eine Toleranz  $e$  der Lenkgeschwindigkeit (d.h. diejenige, die von den erfaßten Lenkgeschwindigkeiten abgeleitet wird, wobei die oberen und unteren 40% gestutzt werden).

(8) Er speichert im Speicher 21 die Gesamtzahl  $N_o$  der Betätigungen, die Anzahl  $M$  der Lenkbetätigungen, den Durchschnitt  $d$  der Lenkgeschwindigkeit und die Toleranz  $e$  der Lenkgeschwindigkeit als Referenzwerte, wenn die Anfangsperiode abläuft.

Der Lenkwinkelerfassungsabschnitt Ba wird nach Ablauf der Anfangsperiode aktiv und arbeitet in den folgenden Schritten.

(1) Er speichert im Speicher 21 die Lenkwinkeldaten, die vom Lenkwinkelsensor 17 erfaßt werden.

(2) Er berechnet einen Durchschnitt d der Lenkgeschwindigkeiten auf der Basis von Daten Q der Lenkwinkel während der letzten Datensammelungsperiode (= eine Minute).

(3) Er berechnet die Anzahl M der Lenkbetätigungen pro Minute unter Verwendung der in der letzten Minute gesammelten Lenkwinkeldaten.

Der mehrwertige Schlußfolgerungsabschnitt Da wird nach vollständigem Ablauf der Anfangsperiode aktiv, und folgert die Wachsamkeit des Fahrers unter Verwendung der Mitgliedsfunktionen für die Monotonie T aus dem Betätigungserfassungsabschnitt A, die Anzahl M der Lenkbetätigungen und Lenkgeschwindigkeiten aus dem Lenkbetätigungs-erfassungsabschnitt Ba und das Zickzack-Ausmaß Rn aus dem Fahrpositionserfassungsabschnitt A.

Der Betrieb des Sicherheitsfahrsystems S2 wird unter Bezugnahme auf die in den Figuren 24 bis 27 gezeigten Flußdiagramme beschrieben. Diese Flußdiagramme sind im wesentlichen gleich zu denjenigen, die in den Figuren 9 bis 12 für das Sicherheitsfahrsystem S1 der ersten Ausführungsform gezeigt sind. Identische Schritte haben

identische Bezugszeichen, und unterschiedliche Schritte werden mit Zahlen versehen, welche einen Suffix "a" haben.

Wird der Motor durch den Zündschlüssel betätigt, werden die Kamera 2, der Bildprozessor 3 und die Steuereinheit 4a im Sicherheitsfahrssystem S2 aktiv. Übersteigt eine Fahrzeuggeschwindigkeit V den vorbestimmten Wert V1, wird das Zählen der Anfangsperiode  $t_1$  gestartet. Die Steuereinheit 4a liefert einen Fotografierbefehl zur Kamera 2 und zum Bildprozessor 3 (Schritte 101-103). Der Bildprozessor 3 führt die Betriebsfolge durch, wie in Figur 13 gezeigt.

Betätigt der Fahrer wenigstens eine der vom Fahrer betätigbaren Einrichtungen außer dem Lenkrad, wird eine Gewichtung  $n_i$  gelesen, die der betätigten Einrichtung zugeordnet ist und zum Wert des Zählers 19 als Summe n addiert wird. Die Summe n wird als die Gesamtzahl No der Betätigungen während der Anfangsperiode gespeichert (Schritte 104-107).

Der Lenkwinkelsensor 17 erfaßt einen Lenkwinkel Q des Lenkrads. Jedesmal, wenn das Lenkrad betätigt wird, wird der Zähler 20 um "1" erhöht, so daß die Anzahl M der Lenkbetätigungen sequentiell im Speicher 21 gespeichert wird (Schritte 108, 109a-1, 109a-2).

$$M = M + 1$$

Gleichzeitig wird eine Lenkgeschwindigkeit (Grad/Sekunde) pro Lenkbetätigung auf der Basis eines jeden erfaßten Lenkwinkels abgeleitet und im Speicher 21 gespeichert.

In Schritt 110 werden während der Anfangsperiode  $t_1$  die Positionen ( $Y_{Rn} = aX_{Rn} + b$ ) und ( $Y_{Ln} = cX_{Ln} + d$ ) auf den X- und Y-Koordinaten der weißen Linien  $L_R$  und  $L_L$  sequentiell von der Bildverarbeitungseinheit 3 empfangen und im Speicher 21 gespeichert (Schritt 111).

Die Anfangsperiode  $t_1$  läuft ab, wenn sie die voreingestellte Länge  $t_{s1}$  (beispielsweise 20 Minuten) überschreitet.

Andererseits folgert der Bildprozessor 3 in Reaktion auf den Fotografierbefehl während der Anfangsperiode weiße Linien, die in Figur 13 gezeigt sind, wie oben beschrieben, und berechnet das Zickzack-Ausmaß  $R_{ns}$  auf der Basis der persönlichen Fahrerdaten, die während der Anfangsperiode gesammelt werden (Schritt 112).

In Schritt S113a werden die im Speicher 21 gespeicherten Lenkgeschwindigkeiten gelesen und eine durchschnittliche Lenkgeschwindigkeit  $d$  berechnet. Damit wird die Toleranz  $e$  der Lenkgeschwindigkeit (d.h. diejenige, die, nach Abschneiden der oberen und unteren 40% der erfaßten Geschwindigkeiten abgeleitet wird) berechnet. Der Speicher 21 speichert folgendes als Referenzwerte: die Gesamtanzahl  $N_0$  der Betätigungen während der Anfangsperiode, die Anzahl  $M$  der Lenkbetätigungen während der Anfangsperiode, die Toleranz  $e$  der Lenkgeschwindigkeit und das Zickzack-

Ausmaß  $R_{ns}$  während der Anfangsperiode, welches durch den Zähler angegeben wird (Schritt 114a).

Während der Anfangsperiode mit der Zeit  $t_{s1}$  werden die persönlichen Fahrdaten des Fahrers gesammelt, wie oben beschrieben.

Nach Ablauf der Anfangsperiode startet der Timer 18, die Fahrperiode  $t_2$  und die Wachsamkeitsbestimmungsperiode  $t_3$  zu zählen.

Überschreitet die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  den voreingestellten Wert  $V_1$ , überprüft der Controller 8a, ob der Fahrtrichtungsänderungsanzeiger aktiv ist. Ist der Fahrtrichtungsänderungsanzeiger aktiv, wird das Zickzack-Ausmaß  $R_{no}$  auf 0 zurückgesetzt. Anschließend geht die Steuerlogik zu Schritt 121a weiter.

Ist andererseits der Fahrtrichtungsänderungsanzeiger nicht aktiv, empfängt die Steuereinheit 4 die letzten Positionen auf den X-Koordinaten ( $X_{Rn1}$ ,  $X_{Ln1}$ ), ( $X_{Rn2}$ ,  $X_{Ln2}$ ) und ( $X_{Rn3}$ ,  $X_{Ln3}$ ) der weißen Linien ( $Y_{Rn} = aX_{Rn} + b$ ) und ( $Y_{Ln} = cX_{Ln} + d$ ), berechnet das Zickzack-Ausmaß  $R_n$ , das eine Differenz zwischen der vorhergehenden und der laufenden Position der weißen Linien auf den X- und Y-Koordinaten angibt, und speichert das Zickzack-Ausmaß  $R_n$  im Speicher 21 (Schritte 116-120).

Wird die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  unter  $V_1$  verringert, werden die existierenden Lenkwinkeldaten im Speicher 21 auf 0 gestellt. Gleichzeitig wird die Wachsamkeits-

bestimmungsperiode  $t_3$  auf 0 zurückgesetzt (Schritte 130a und 131). Wird ferner die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  auf 0 verringert, wird die Wachsamkeitsangabe ausgeschaltet (Schritte 132 und 133). Die Nichtbetriebsperiode  $t_4$ , die Monotonie  $T$  und die früherer X-Koordinaten der weißen Linien bleiben jedoch angezeigt.

In den Schritten 121a und 122 werden die Lenkwinkeldaten  $Q$ , die vom Lenkwinkelsensor 17 erfaßt werden (Daten  $q_n$ , wie in Figur 28 gezeigt) im Speicher 21 gespeichert. Die Konstante  $T_0$  wird im Zähler 19 akkumuliert, wodurch die Monotonie  $T$  abgeleitet wird.

$$T = T + T_0$$

Die Akkumulation der Konstanten  $T_0$  wird jede 1/10 Sekunde wiederholt, d.h. die Steuerzykluszeit.

Wird wenigstens eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen mit Ausnahme des Lenkrads betätigt, wird die der betätigten Vorrichtung zugeordnete Gewichtung  $n_i$  gelesen und eine Summe  $n$  ( $n = \sum n_i$ ) in der Gesamtzahl  $N$  der Betätigungen im Zähler 19 akkumuliert (Schritte 123-125).

$$n = \sum n_i$$

$$N = N + n$$

Als nächstes wird eine mittlere Nichtbetätigungsperiode ( $=t_2/N$ ) zwischen den Betätigungen der vom Fahrer betätigten Vorrichtungen nach der Anfangsperiode

berechnet und mit einer Erhöhung der Monotonie ( $= 10 \cdot T_0$ ) und der gelesenen Gewichtung  $n$  multipliziert. Damit wird eine Quantität der verringerten Monotonie  $[(t_2/N) \cdot 10 \cdot T_0 \cdot n]$  berechnet. Ein Betrag der reduzierten Monotonie wird vom akkumulierten Wert des Zählers 19 subtrahiert, wodurch die Monotonie  $T$  aktualisiert wird (Schritt 126).

$$T = T - [(t_2/N) \cdot 10 \cdot T_0 \cdot n]$$

Wie aus den experimentiellen Daten in Figur 14 ersichtlich, hält das Ansteigen der Monotonie  $T$  an, wenn keine vom Fahrer betätigbare Vorrichtung mit Ausnahme des Lenkrads betätigt wird. Umgekehrt wird die Monotonie  $T$  jedesmal reduziert, wenn wenigstens eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen betätigt wird.

Der Wert der Nichtbetätigungsperiode  $t_4$  wird jedesmal, wenn eine vom Fahrer betätigbare Vorrichtung betätigt wird, aktualisiert und im Speicher 21 gespeichert, und der Zähler 19 wird zurückgesetzt (Schritt 126a-1).

Wird die Monotonie  $T$  negativ, wird sie auf 0 zurückgesetzt (Schritte 127 und 128).

Die Monotonie  $T$ , die Lenkwinkeldaten und das Zickzack-Ausmaß  $R_n$  werden wiederholt berechnet und gespeichert, bis die Datensammelungsperiode der Wachsamkeitsbestimmungsperiode  $t_3$  ausläuft (Schritt 129).



Nach Beendigung der Datensammelungsperiode wird ein Durchschnitt  $R_{n1}$  des Zickzack-Ausmaßes  $R_n$ , das Abweichungen auf der X-Koordinate von den weißen Linien angibt ( $Y_{Rn} = aX_{Rn} + b$ ) und ( $Y_{Ln} = cX_{Ln} + d$ ) abgeleitet (Schritte 129 und 134).

In ähnlicher Weise wird ein Durchschnitt der Nichtbetätigungsperioden  $t_4$  berechnet, die während der Datensammelungsperiode gespeichert werden. Die durchschnittliche Lenkgeschwindigkeit  $d$  wird ebenso unter Verwendung der Daten auf den Lenkwinkeln  $Q$  berechnet, die während der Datensammelungsperiode gespeichert werden (Schritt 135<sub>a-1</sub>). In gleicher Weise wird die Anzahl  $M$  der Lenkbetätigungen während der letzten Datensammelungsperiode berechnet, wobei die Daten der Lenkwinkel  $Q$  verwendet werden (Schritt 135<sub>a-2</sub>).

In Schritt 136a leitet der mehrwertige Schlußfolgerungsabschnitt Da die Wachsamkeit  $X$  ab. Zuerst werden die vier Mitgliedsfunktionen für das Zickzack-Ausmaß  $R_n$ , die Monotonie  $T$ , die durchschnittliche Lenkgeschwindigkeit  $d$  und die Anzahl  $M$  der Lenkbetätigungen wieder hergestellt.

Diese Mitgliedsfunktionen hängen von den Referenzwerten ab, die während der Anfangsperiode erhalten werden, (d.h. das durchschnittliche Zickzack-Ausmaß  $R_{ns}$ , die Gesamtanzahl  $N_0$  der Betätigungen, die Anzahl  $M$  der Lenkbetätigungen, die durchschnittliche Lenkgeschwindigkeit  $d$  und die Toleranz  $e$  des Lenkgeschwindigkeitsbereichs) und von der Gesamtanzahl  $N$  der Betätigungen nach der Anfangsperiode. Die Knickpunkte A, B und C werden auf

der Basis der in Tabelle 2 gezeigten Beziehungen berechnet.

Tabelle 2

	A	B	C
Monotonie	$C \times 1/3$	$C \times 2/3$	40, Max.-Wert oder $a \times 12$ , hiervon der größte
Anzahl der Lenk- betätigungen	$f, (g-2xi)$ , von $(2xg-h)$ , hiervon der größte	$g$	$(g+2xi)$ $h$
Lenkgeschwindigkeit	$d-0.75e$	$d-0.25e$	$d+0.25e$
Zickzack-Ausmaß	$Rns$	$A \times 1.5$	$A \times 2$

(1) Die Mitgliedsfunktion für die Monotonie ist ähnlich zu derjenigen der in Figur 1 gezeigten Sicherheitsfahrvorrichtung S1. Ein tatsächliches Beispiel ist in Figur 16 gezeigt.

(2) Die Mitgliedsfunktion für die Lenkgeschwindigkeit hat drei Abschnitte "hoch", "mittel" und "niedrig". Die Toleranz  $e$  wird mit 0,75 multipliziert. Der Knickpunkt A wird durch Subtraktion des vorstehenden multiplizierten Wertes ( $= 0,75e$ ) von der durchschnittlichen Lenkgeschwindigkeit  $d$  ( $= d - 0,75e$ ) abgeleitet. Der Knickpunkt B wird durch Multiplikation der Toleranz  $e$  mit einer Konstante 0,25 und durch Subtraktion des multiplizierten Wertes von dem Durchschnitt  $d$  ( $= d - 0,25e$ ) abgeleitet. Die Toleranz  $e$  wird mit der Konstante 0,25 multipliziert, und ein resultierendes Produkt wird zum Durchschnitt  $d$  addiert ( $= d + 0,25e$ ), wodurch der Knickpunkt C abgeleitet wird. Dies ist in Figur 29 gezeigt.

(3) Die Mitgliedsfunktion für die Anzahl der Lenkbetätigungen hat drei Abschnitte "viel", "mittel" und "ein wenig". Zuerst werden ein Minimalwert " $f$ ", ein Durchschnitt  $g$ , ein Maximalwert " $h$ " und eine Referenztoleranz  $i$  der Anzahl  $M$  der Lenkbetätigungen abgeleitet. Der Knickpunkt A ist " $f$ ",  $(g - 2 \times i)$  oder  $(2 \times g - h)$ , was immer der größte ist. Der Knickpunkt B ist " $g$ ". Es wird entweder  $(g + 2 \times i)$  oder " $h$ " was immer der kleinere ist, als Knickpunkt C bestimmt. Tatsächliche Beispiele sind in Figur 30 gezeigt.

(4) Die Mitgliedsfunktion für das Zickzack-Ausmaß ist ähnlich zu derjenigen, die bezüglich des Sicherheitssystem S1 beschrieben wurde. Tatsächliche Beispiele sind in Figur 19 gezeigt.

Die Monotonie, die Anzahl der Lenkbetätigungen und die Lenkgeschwindigkeit werden kontinuierlich jedesmal aktualisiert, wenn sich die Minimal- und Maximalwerte ändern, während das Wachsamkeitsbestimmungsverfahren ausgeführt wird, nachdem die Knickpunkte der Mitgliedsfunktionen bestimmt worden sind. Das Zickzack-Ausmaß bleibt jedoch unverändert, nachdem der Referenzwert bestimmt worden ist.

Die mehrwertige Schlußfolgerung wird unter Verwendung der vorstehenden Mitgliedsfunktionen ausgeführt, um die Wachsamkeit abzuleiten (Schritt 136a), wie nachstehend beschrieben wird.

Die mehrwertigen Konversionsgrade der Monotonie werden auf der Basis einer laufenden Monotonie T (der laufende Wert des Zählers 19) und der Mitgliedsfunktion berechnet, wie in Figur 17 gezeigt.

Beispielsweise gehört eine Monotonie T 20,57 zu den Abschnitten "mittel" und "niedrig", die in Figur 17 gezeigt sind. Damit werden zwei mehrwertige Konversionsgrade 0,76 und 0,24 abgeleitet.

Ein mehrwertiger Konversionsgrad für die Lenkgeschwindigkeit wird unter Verwendung der durchschnittlichen Lenkgeschwindigkeit  $\bar{d}$  pro Datensammlungsperiode berechnet (in Schritt 135a-1 abgeleitet), sowie unter Verwendung der Mitgliedsfunktion, die in Figur 29 gezeigt ist.

Beispielsweise gehört eine mittlere Lenkgeschwindigkeit von 5,54 Grad/Sekunde zum Abschnitt "niedrig", so daß der mehrwertige Konversionsgrad 1,0 abgeleitet wird.

Die Anzahl N der Lenkbetätigungen pro Datensammelungsperiode (in Schritt 135<sub>a-2</sub>) und die in Figur 30 gezeigte Mitgliedsfunktion werden verwendet, um einen mehrwertigen Konversionsgrad für die Anzahl der Lenkbetätigungen abzuleiten.

Die Anzahl der Lenkbetätigungen von 0,9 pro Datensammelungsperiode gehört zum Abschnitt "ein wenig", so daß ein mehrwertiger Konversionsgrad 1,0 abgeleitet wird.

Zwei mehrwertige Konversionsgrade für das Zickzack-Ausmaß werden unter Verwendung des durchschnittlichen Zickzack-Ausmaßes Rn1 (Schritt 134) und der in Figur 19 gezeigten Mitgliedsfunktion berechnet.

Beispielsweise gehört ein Zickzack-Ausmaß von 20,6 zu den zwei Abschnitten "mittel" und "groß", so daß zwei mehrwertige Konversionsgrade 0,95 und 0,05 abgeleitet werden.

Der Speicher 21 speichert ein Steuervorschriftenformat, wie in Figur 31 gezeigt. Die Wachsamkeit, d.h., die notwendige Quantität, wird durch Anwenden der vorstehenden mehrwertigen Konversionsgrade auf die Steuervorschrift abgeleitet.

In diesem Fall wurden vier mehrwertige Konversionsgrade, die in Figur 31 unterstrichen sind, berechnet und auf Werte angewendet, die in Figur 32 gezeigt sind.

Die mehrwertigen Konversionsgrade der Monotonie, der Lenkgeschwindigkeit, der Anzahl der Lenkbetätigungen und des Zickzack-Ausmaßes sind in vier Abschnitten 4, 3,5, 3 und 2,5 nicht 0.

Ein maximaler Wert der mehrwertigen Konversionsgrade im Abschnitt 4 ist 0,05. Ein maximaler Wert der mehrwertigen Konversionsgrade im Abschnitt 3,5 ist 0,76. In ähnlicher Weise ist im Abschnitt 3 ein Maximalwert 0,05, und im Abschnitt 2,5 ein Maximalwert 0,24.

Die Wachsamkeit, d.h. eine nachfolgende, wird unter Verwendung einer Mitgliedsfunktion abgeleitet, welche eine dreieckige Form, neun Abschnitte und Levels 1 bis 5 aufweist. Die Mitgliedsfunktion wird im Speicher 21 gespeichert.

Die mehrwertigen Konversionsgrade, die für die entsprechenden Abschnitte abgeleitet werden, werden auf die Mitgliedsfunktionen für die Wachsamkeit angewendet, wie durch die schraffierten Bereiche in Figur 33 gezeigt. Der Schwerpunkt der schraffierten Bereiche wird derart berechnet, daß die Wachsamkeit ( $= 3,3$ ) erhalten wird. Damit ist die mehrwertige Schlußfolgerung vollständig ausgeführt.

Die erhaltene Wachsamkeit  $X$  wird auf dem Display 6 angezeigt (Schritt 137). Bei Beobachten des Displays 6 kann der Fahrer seinen Fahrzustand feststellen. Ferner kann ein Mitfahrer mit dem Fahrer sprechen, den Fahrer warnen usw., wodurch verhindert wird, daß der Fahrer im Halbschlaf fährt.

In diesem Zustand wird die Wachsamkeitsbestimmungsperiode  $t_3$  zwangsweise auf 60 Sekunden gesetzt (Schritt 139), wenn das Fahrzeug nicht zu fahren aufhört. Die Steuerlogik kehrt zu Schritt 116 zurück. Umgekehrt wird das Sicherheitsfahrssystem inaktiv, wenn das Fahrzeug zu fahren aufhört.

Danach betätigt der Warnabschnitt F der Steuereinheit 4a wahlweise das Aufweckteil 7a, 7b, 7c oder 7d in Abhängigkeit der Wachsamkeit  $X$ , ähnlich zum Sicherheitsfahrssystem S1 der ersten Ausführungsform. Die Aufweckeinheit warnt den Fahrer in Abhängigkeit seiner Wachsamkeit  $X$ , wodurch ein Fahren im Halbschlaf verhindert wird und die Sicherheit des Fahrzeugs verbessert wird.

Das Sicherheitsfahrssystem S2 der zweiten Ausführungsform ist genauso effektiv wie das Sicherheitsfahrssystem S1 der ersten Ausführungsform. In der zweiten Ausführungsform werden nicht nur die Charakteristiken der Lenkbetätigung (d.h. die Zahl  $M$  der Lenkbetätigungen und die  $\overline{\overline{\text{Lenkgeschwindigkeit}}}$   $d$ ), die besonders durch die Wachsamkeit des Fahrers beeinflußt werden, sondern auch das Zickzack-Ausmaß als Eingaben für die mehrwertige Schlußfolgerung und als Referenzwerte angepaßt, so daß es möglich ist,

die Wachsamkeit des Fahrers und die Monotonie des Fahrens genau und kontinuierlich zu erkennen. Dies ermöglicht es, daß das Sicherheitsfahrssystem das Fahren zuverlässiger und sicherer macht.

In der zweiten Ausführungsform verwendet der Lenkerfassungsabschnitt Ba die Zahl M der Lenkbetätigungen und die Lenkgeschwindigkeit d als Lenkbetrag. Alternativ kann einer der mehrwertigen Konversionsgrade auf der Basis der Nichtbetätigungsperiode  $t_4$  bestimmt werden, die in Schritt 126<sub>a-1</sub> erhalten wird. In einem derartigen Fall wird der mehrwertige Konversionsgrad für die Nichtbetätigungsperiode unter Verwendung der Mitgliedsfunktion für die Nichtbetätigungsperiode  $t_4$  berechnet, wie in Figur 34 gezeigt. Der mehrwertige Konversionsgrad für die Zahl M der Lenkbetätigungen oder die Lenkgeschwindigkeit d und die mehrwertigen Konversionsgrade für die Monotonie oder das Zickzack-Ausmaß werden berechnet. Die berechneten mehrwertigen Konversionsgrade werden verarbeitet, wie oben beschrieben, um die Wachsamkeit X abzuleiten. Dieses modifizierte Beispiel ist genauso effektiv wie das Sicherheitsfahrssystem S2 der zweiten Ausführungsform.

Ein Sicherheitsfahrssystem S3 gemäß einer dritten Ausführungsform ist derart aufgebaut, wie in Figur 35 gezeigt.

Das Sicherheitsfahrssystem S3 unterscheidet sich vom Sicherheitsfahrssystem S1 von Figur 1 in folgender Hinsicht: Nichtvorhandensein der Kamera 2 und des mit der



Kamera 2 verbundenen Bildprozessors 3, und des Zickzack-Ausmaß-Berechnungsabschnitts C3 (in der Steuereinheit 4b); sowie der Funktionen des mehrwertigen Schlußfolgerungsabschnitts Db. Identische Teile haben identische Bezugszeichen und werden hier nicht mehr im Detail beschrieben.

Die Steuereinheit 4b ist mit einer Vielzahl von Sensoren über ihren Controller 8b verbunden, um Betätigungen der verschiedenen vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen zu erfassen. Die Steuereinheit 4b wirkt auch als Betätigungserfassungsabschnitt A, Lenkerfassungsabschnitt B und Warnabschnitt, wie im Hinblick auf die Steuereinheit 4 beschrieben. Diese Einheiten werden hier nicht beschrieben.

Ferner wirkt die Steuereinheit 4b als Referenzwerteinstelleinheit Eb und als mehrwertiger Schlußfolgerungsabschnitt Db.

Der Referenzwerteeinstellabschnitt Eb wird während der Anfangsperiode einer vorgegebenen Länge  $t_{s1}$  aktiv und läuft in den folgenden Schritten ab.

(1) Er stellt die Anfangsperiode ein, nachdem das Fahrzeug gestartet wird.

(2) Er liest vom Speicher 21 jedesmal, wenn wenigstens eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen mit Ausnahme des Lenkrades betätigt wird, eine Gewichtung  $n_i$ .

(3) Er addiert die gelesenen Gewichtungen  $n_i$  zum Wert des Zählers 19 und hält eine Summe  $n$  ( $n = \sum n_i$ ) und speichert sie als Gesamtzahl  $N_0$  der Betätigungen während der Anfangsperiode. Die Gewichtungen  $n_i$  werden addiert, so daß der gleichzeitigen Betätigung einer Mehrzahl von vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen Rechnung getragen wird, obwohl eine derartige Situation nicht wahrscheinlich ist.

(4) Er speichert im Speicher 21 die Gesamtzahl  $N_0$  der Betätigungen und einen Durchschnitt  $SQ_m$  der Lenkbeträge  $SQ$  als Referenzwerte am Ende der Anfangsperiode.

Der mehrwertige Schlußfolgerungsabschnitt  $Db$  wird nach Ablauf der Anfangsperiode aktiv und wirkt derart, daß die Wachsamkeit des Fahrers unter Verwendung der Mitgliedsfunktionen für die Monotonie  $T$  vom Betätigungserfassungsabschnitt  $A$  und für den Lenkbetrag  $SQ$  vom Lenkbetätigungssensor  $B$  abgeleitet wird.

Der mehrwertige Schlußfolgerungsabschnitt  $Db$  führt einen Wachsamkeitsbestimmungszyklus jede Minute aus, um die Wachsamkeit abzuleiten. Da jedoch die für einen laufenden Bestimmungszyklus verwendeten Daten zehn Minuten lang in einem vorhergehenden Bestimmungszyklus gesammelt worden sind, werden sie sequentiell mit einer einminütigen Verzögerung empfangen.

Die Betätigung des Sicherheitsfahrsystems  $S3$  wird unter Bezugnahme auf ein Flußdiagramm beschrieben, das in den

Figuren 36 bis 38 gezeigt ist. Dieses Flußdiagramm ist im wesentlichen gleich zum Flußdiagramm, das in Figur 9 bis 12 unter Bezugnahme auf das Sicherheitsfahrssystem S1 der ersten Ausführungsform gezeigt ist. Identische Schritte haben identische Bezugszeichen und werden hier nicht beschrieben. Die Bezugszeichen der unterschiedlichen Schritte haben jedoch einen Suffixbuchstaben "b", der den Bezugszeichen hinzugefügt ist.

Nach der Inbetriebnahme des Motors durch den Zündungsschalter wird die Steuereinheit 4b aktiv. Nachdem eine erfaßte Fahrzeuggeschwindigkeit V den voreingestellten Wert V1 überschreitet, wird das Zählen der Anfangsperiode  $t_1$  initiiert (Schritte 101 und 102).

Jedesmal, wenn eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen mit Ausnahme des Lenkrades betätigt wird, wird eine der betätigten Vorrichtung zugeordnete Gewichtung  $n_i$  gelesen und zum Wert des Zählers 19 als Summe n addiert. Die Summe n wird als Gesamtzahl  $N_0$  der Betätigungen während der Anfangsperiode gehalten (Schritte 104 bis 107).

Jedesmal, wenn das Steuerrad betätigt wird, wird der Wert des Zählers 20 um eins erhöht und im Speicher 21 als Zahl M der Lenkbetätigungen gespeichert (Schritte 108 und 109).

$$M = M + 1$$

Die Anfangsperiode  $t_1$  ist vollständig ausgeführt, wenn sie die vorbestimmte Periode  $t_{s1}$  (beispielsweise 20 Minuten) überschreitet (Schritt 111).

Geht die Steuerlogik zu Schritt s113 weiter, wird der Lenkbetrag  $SQ$  unter Verwendung der im Speicher 21 gespeicherten Lenkwinkeldaten  $Q$  und der Formel (2) abgeleitet. Anschließend wird der Lenkbetrag  $SQ$  gelesen, um die Lenkbeträge  $SQ_m$  während der Anfangsperiode zu lesen.

Der Speicher 21 speichert als Referenzwerte die Gesamtzahl  $N_0$  der Betätigungen während der Anfangsperiode und den Referenzlenkbetrag  $SQ_m$  (Schritt 114b).

Nach Ablauf der Anfangsperiode startet der Timer 18 das Zählen der Fahrperiode  $t_2$  und der Wachsamkeitsbestimmungsperiode  $t_3$  in Schritt 115.

Wird die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  unterhalb des voreingestellten Wertes  $V_1$  verringert, werden die existierenden Lenkbetragsdaten im Speicher 21 auf 0 gestellt (Schritte 130 und 131).

Die Anzeige der Wachsamkeit wird abgeschaltet, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  Null wird (Schritte 132 und 133). Die Monotonie  $T$  bleibt jedoch auf dem Display angezeigt.

In Schritt 121 wird der Lenkbetrag SQ unter Verwendung der Formel (2) und der Lenkwinkeldaten Q abgeleitet und im Speicher 21 gespeichert.

Der Zähler 19 akkumuliert die Konstante To, wodurch die Monotonie T abgeleitet wird (Schritt 122).

$$T = T + T_o$$

Die Konstante To wird jede 1/10 Sekunde akkumuliert, d.h. in jedem Steuerzyklus.

Wird eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen mit Ausnahme des Lenkrads betätigt (bestätigend in Schritt 123), wird die der betätigten Vorrichtung zugeordnete Gewichtung ni vom Speicher 21 gelesen und zum Wert des Zählers 19 als Summe n addiert (Schritt 125).

$$n = \sum ni$$

$$N = N + n$$

Die Fahrperiode  $t_2$  wird in die Gesamtzahl N der Betätigungen geteilt, um eine mittlere Nichtbetätigungsperiode  $[= t_2/N]$  nach Ablauf der Anfangsperiode abzuleiten.

Die durchschnittliche Nichtbetätigungsperiode  $(t_2/N)$  wird mit der Erhöhung der Monotonie pro Sekunde multipliziert  $(= 10 \cdot T_o)$ , dessen Produkt mit der Summe n als Gewichtung ni multipliziert wird, so daß die durch die laufende

Betätigung reduzierte Monotonie [=  $(t_2/N) \cdot 10 \cdot T_o \cdot n$ ] abgeleitet wird (Schritt 126).

Die reduzierte Monotonie wird vom Wert abgeleitet, der im Zähler 19 akkumuliert wird, wodurch die Monotonie aktualisiert wird.

$$T = T - [(t_2/N) \cdot 10 \cdot T_o \cdot n]$$

Wie aus Figur 14 ersichtlich, wird die Monotonie kontinuierlich solange erhöht, als keine Vorrichtung mit Ausnahme des Lenkrads betätigt wird. Umgekehrt wird die Monotonie jedesmal reduziert, wenn irgendeine Vorrichtung betätigt wird.

Wie aus den experimentiellen Daten in Figur 14 ersichtlich, hält die Erhöhung der Monotonie T an, wenn keine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen mit Ausnahme des Lenkrads betätigt wird. Umgekehrt wird die Monotonie T jedesmal reduziert, wenn wenigstens eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen betätigt wird.

Wird die Monotonie T negativ (bestätigend in Schritt 127), wird sie auf 0 zurückgesetzt (Schritt 128).

Die Monotonie T, die Lenkwinkeldaten und das Zickzack-Ausmaß  $R_n$  werden wiederholt berechnet und gespeichert, bis die Datensammelungsperiode abläuft (Schritt 129).

Läuft die Datensammelungsperiode ab (bestätigend in Schritt 129), werden die während der

Datensammelungsperiode gesammelten Lenkbeträge gemäß den Daten  $Q_n$  auf den Lenkwinkeln addiert, die während der gleichen Datensammelungsperiode gespeichert werden. Damit wird ein addiertes  $SQ_n$  ( $=\sum Q_n$ ) im Speicher 21 gespeichert (Schritt 135).

Die Wachsamkeit  $X$  wird in Schritt 136b abgeleitet. Zuerst werden die Mitgliedsfunktionen für die Monotonie  $T$  und den Lenkbetrag  $SQ$  abgerufen.

Wie aus Figur 15 ersichtlich, haben diese Mitgliedsfunktionen dreieckige Formen und drei Abschnitte als Antecedent mit Knickpunkten A, B und C. Die Mitgliedsfunktionen hängen von den Referenzwerten ab, die während der Anfangsperiode erhalten werden (d.h. Monotonie  $T$ , Lenkbetrag  $SQ_m$  und Gesamtzahl  $N_o$  der Betätigungen), und von der Gesamtzahl  $N$  der Betätigungen in der Datensammelungsperiode.

Die Knickpunkte A, B und C werden auf der Basis der Beziehungen berechnet, wie in Tabelle 3 gezeigt.

Tabelle 3

	A	B	C
Monotonie	$C \times 3$	$C \times 2/3$	40, Max.-Wert, oder $a \times 12$ , hiervon der größte
Lenkbetrag	Min. oder Max. $\times 0.6$ , hiervon der größere	$(A+C)/2$	Max.-Wert

(1) Die Mitgliedsfunktion für die Monotonie ist ähnlich zu derjenigen für das Sicherheitsfahrssystem S1, das in Figur 1 gezeigt ist. Ein tatsächliches Beispiel ist in Figur 17 gezeigt.

(2) Die Mitgliedsfunktion für den Lenkbetrag ist ähnlich zu derjenigen für das Sicherheitsfahrssystem S1, das in Figur 1 gezeigt ist. Ein tatsächliches Beispiel ist in Figur 18 gezeigt.

Während der Bestimmung der Wachsamkeit werden die Monotonie und der Lenkbetrag jedesmal aktualisiert, wenn



sich ihre Minimal- und Maximalwerte ändern, während das Zickzack-Ausmaß nicht aktualisiert wird, sobald sein Referenzwert bestimmt ist.

Die mehrwertige Schlußfolgerung wird unter Verwendung der vorstehenden Mitgliedsfunktionen ausgeführt.

Die mehrwertigen Konversionsgrade der Monotonie werden unter Verwendung einer laufenden Monotonie T (Wert des Zählers 19) und der in Figur 17 gezeigten Mitgliedsfunktion berechnet.

Ist beispielsweise die laufende Monotonie T 20,57 und gehört sie zu den Abschnitten "mittel" und "niedrig", werden zwei mehrwertige Konversionsgrade 0,76 und 0,24 abgeleitet.

Die mehrwertigen Konversionsgrade des Lenkbetrags werden unter Verwendung des Lenkbetrags SQn pro Datensammlungsperiode (in Schritt 135 abgeleitet) und der in Figur 18 gezeigten Mitgliedsfunktion berechnet.

Ist beispielsweise der durchschnittliche Lenkbetrag 6452 und gehört er zu den Abschnitten "groß" und "mittel", werden zwei mehrwertige Konversionsgrade 0,86 und 0,14 abgeleitet.

==

Der Speicher 21 speichert ein Format der Steuervorschrift, die in Figur 39 gezeigt ist. Die Wachsamkeit, d.h. die zu bestimmende Quantität, wird durch

Anwenden der vorstehenden mehrwertigen Konversionsgrade auf die Steuervorschrift abgeleitet.

In diesem Fall werden zwei mehrwertige Konversionsgrade berechnet (in Figur 40 gezeigt) und auf die in Figur 39 gezeigten unterstrichenen Werte angewendet.

Es gibt vier Abschnitte 3, 2,5, 1,5 und 1, wo die mehrwertigen Konversionsgrade bezüglich der Monotonie und des Lenkbetrags nicht 0 sind.

Der mehrwertige Konversionsgrad, der den Abschnitten 3 und 2,5 entspricht, ist 0,14. Der mehrwertige Konversionsgrad, der dem Abschnitt 1,5 entspricht, ist 0,76.

Ein Maximalwert der mehrwertigen Konversionsgrade für den Abschnitt 1 ist 0,24.

Wie aus Figur 41 ersichtlich, hat eine Mitgliedsfunktion für die Wachsamkeit, d.h. eine nachfolgende, eine dreieckige Form, neun Abschnitte und Wachsamkeitslevel 1 bis 5. Die Mitgliedsfunktion wird im Speicher 21 gespeichert.

Die mehrwertigen Konversionsgrade werden auf die Mitgliedsfunktion für die Wachsamkeit angewendet, wie durch die schraffierten Bereiche in Figur 41 gezeigt. Der Schwerpunkt der schraffierten Bereiche wird berechnet, wodurch die Wachsamkeit  $X$  erhalten wird ( $= 1,6$ ). Damit ist die mehrwertige Schlußfolgerung vollständig ausgeführt.

Danach wird die Wachsamkeit X auf dem Display 6 angezeigt (Schritt 137). Bei Beobachten des Displays 6 kann der Fahrer seinen Fahrzustand feststellen. Ferner kann ein Mitfahrer geeignete Maßnahmen ergreifen, beispielsweise mit dem Fahrer sprechen oder ihn warnen, wodurch verhindert wird, daß der Fahrer im Halbschlaf fährt.

Danach wird die Wachsamkeitsbestimmungsperiode  $t_3$  zwangsweise auf 60 Sekunden eingestellt (Schritt 139), so lange das Fahrzeug weiter fährt. Anschließend kehrt die Steuerlogik zu Schritt 116 zurück. Hört umgekehrt das Fahrzeug zu fahren auf, wird das Sicherheitsfahrssystem inaktiv.

Im Sicherheitsfahrssystem S3 aktiviert in ähnlicher Weise wie beim Sicherheitsfahrssystem S1 der Warnabschnitt F der Steuereinheit 4b wahlweise das Aufweckteil 7a, 7b, 7c oder 7d in Übereinstimmung mit der Wachsamkeit X des Fahrers, wie im Flußdiagramm von Figur 22 gezeigt, wodurch der Fahrer gewarnt und verhindert wird, daß der Fahrer im Halbschlaf fährt, so daß die Fahrsicherheit erhöht wird.

Das Sicherheitsfahrssystem S3 der dritten Ausführungsform kann den Fahrer in Abhängigkeit seiner Wachsamkeit warnen und ist genauso effektiv wie das Sicherheitsfahrssystem S1 der ersten Ausführungsform. Ferner kann das Sicherheitsfahrssystem S3 kontinuierlich und zuverlässig die Wachsamkeit des Fahrers erfassen, weist einen einfachen Aufbau aufgrund der Abwesenheit von Einrichtungen wie Kamera 2

und Bildverarbeitungseinheit 3 auf, und kann mit reduzierten Kosten hergestellt werden.

#### INDUSTRIELLE ANWENDBARKEIT

Das Sicherheitsfahrssystem gemäß der Erfindung ist auf eine Vielzahl von Motorfahrzeugen anwendbar und beim Warnen des Fahrers in Abhängigkeit seiner Wachsamkeit wirksam, um ein sicheres Fahren sicherzustellen.

## Z U S A M M E N F A S S U N G

## Sicherheitsfahrssystem

Ein Sicherheitsfahrssystem erfaßt die Wachsamkeit eines Fahrers, wobei ein Alarm in Abhängigkeit der erfaßten Wachsamkeit ausgegeben wird. Das Sicherheitsfahrssystem umfaßt einen Betätigungserfassungsabschnitt (A), der die Monotonie (T) jedesmal aktualisiert, wenn eine der vom Fahrer betätigbaren Vorrichtungen betätigt wird, und eine Gewichtung ( $n_i$ ), die der betätigten Vorrichtung zugeordnet ist, von einem Wert subtrahiert, der die Monotonie bezeichnet, einen Lenkerfassungsabschnitt (C) zum Ableiten eines Lenkbetrags (beispielsweise  $SQ$ ), einen Fahrpositionserfassungsabschnitt (A) zum Erfassen eines Zickzack-Ausmaßes ( $R_n$ ), das eine Abweichung der erfaßten weißen Linien auf der Basis eines Bildes der Fahrbahnoberfläche bezeichnet, einen mehrwertigen Schlußfolgerungsabschnitt (D), der die Wachsamkeit des Fahrers unter Verwendung von Mitgliedsfunktionen der Abschnitte (A), (B) und (C) folgert, und einen Warnabschnitt (F) zum Ausgeben eines Alarms gemäß der erfaßten Wachsamkeit des Fahrers. Das Zickzack-Ausmaß ( $R_n$ ) kann auf der Basis von Bildern bestimmt werden, die von einer Kamera (2) aufgenommen werden, und welche die weißen Linien auf der Fahrbahnoberfläche anzeigen, um die Wachsamkeit des Fahrers zuverlässig zu bestimmen.

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

## 1. Sicherheitsfahrssystem mit:

einem Betätigungserfassungsabschnitt mit einer Akkumulierungseinrichtung zum periodischen Akkumulieren einer Konstante während des Betriebs eines Fahrzeugs und zum Ableiten der Monotonie, und einer Subtraktionseinrichtung zum Subtrahieren einer Gewichtung, die einer betätigten Vorrichtung mit Ausnahme eines Lenkrades zugeordnet ist, von einer Summe von akkumulierten Konstanten, und zum Aktualisieren der Monotonie;

einem Lenkerfassungsabschnitt, der Zustandsdaten an einem Lenkrad innerhalb einer voreingestellten Zeitperiode sammelt;

einem Laufpositionserfassungsabschnitt mit einem Bilddatenspeicher, der wahlweise fotografierte Bilder einer Fahrbahnoberfläche vor einem Fahrzeug empfängt und speichert, einer Bildverarbeitungseinrichtung, welche Daten auf weißen Linien der Fahrbahnoberfläche extrahiert und Koordinaten der eine Fahrspur definierenden weißen Linien bestimmt, und einem Zickzack-Ausmaß-Berechnungsabschnitt, welcher ein Zickzack-Ausmaß erfaßt, das eine Abweichung der weißen Linien auf horizontalen Koordinaten ist;

einem mehrwertigen Schlußfolgerungsabschnitt, der die Wachsamkeit des Fahrers unter Verwendung von Mitgliedsfunktionen des Betätigungserfassungsabschnitts und des Lenkerfassungsabschnitts folgert; und

einem Warnabschnitt, der Aufweckteile in Abhängigkeit der Wachsamkeit des Fahrers aktiviert.

2. Sicherheitsfahrssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sicherheitserfassungsabschnitt Lenkbeträge des Lenkrads als Zustandsdaten am Lenkrad innerhalb der voreingestellten Zeitperiode erfaßt.

3. Sicherheitsfahrssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lenkerfassungsabschnitt wenigstens entweder einen Lenkgeschwindigkeitssensor aufweist, der eine durchschnittliche Lenkgeschwindigkeit des Lenkrads als Zustandsdaten des Lenkrads innerhalb der voreingestellten Zeitperiode berechnet, oder einen Lenksensor, der die Anzahl der Lenkbetätigungen innerhalb der voreingestellten Zeitperiode erfaßt.

4. Sicherheitsfahrssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zickzack-Ausmaß-Berechnungsabschnitt die Zickzack-Ausmaße auf Null stellt, während ein Blinker vorhanden ist.

5. Sicherheitsfahrssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der mehrwertige Schlußfolgerungsabschnitt die Wachsamkeit des Fahrers folgert, indem ein durchschnittliches Zickzack-Ausmaß während einer Anfangsperiode unmittelbar nach Inbetriebnahme des Fahrzeugs als Referenzwert der Mitgliedsfunktion für den Fahrpositionserfassungsabschnitt verwendet wird.

6. Sicherheitsfahrssystem mit:  
einem Betätigungserfassungsabschnitt mit einer Akkumulierungseinrichtung zum periodischen Akkumulieren

einer Konstante während des Betriebs eines Fahrzeugs und zum Ableiten der Monotonie, sowie einer Subtraktionseinrichtung zum Subtrahieren einer Gewichtung, die einer betätigten Vorrichtung mit Ausnahme eines Lenkrades zugeordnet ist, von einer Summe der akkumulierten Konstanten, und zum Aktualisieren der Monotonie;

einem Lenkbetätigungserfassungsabschnitt, der einen Betrag der Lenkbetätigung innerhalb einer voreingestellten Zeitperiode erfaßt;

einem mehrwertigen Schlußfolgerungsabschnitt, der die Wachsamkeit des Fahrers unter Verwendung der Mitgliedsfunktionen des Betätigungserfassungsabschnitts und des Lenkerfassungsabschnitts folgert; und

einem Warnabschnitt, der Aufweckteile in Abhängigkeit der Wachsamkeit des Fahrers aktiviert.

7. Sicherheitsfahrssystem nach Anspruch 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Warnabschnitt die Wachsamkeit des Fahrers in einen von vier Level klassifiziert, eine Mehrzahl von Aufweckteilen enthält, die verschiedene Alarmer gemäß der Wachsamkeit des Fahrers ausgeben, und eines der Aufweckteile in Abhängigkeit der Wachsamkeit des Fahrers aktiviert.



- Leerseite -



(2/31)

FIG. 2

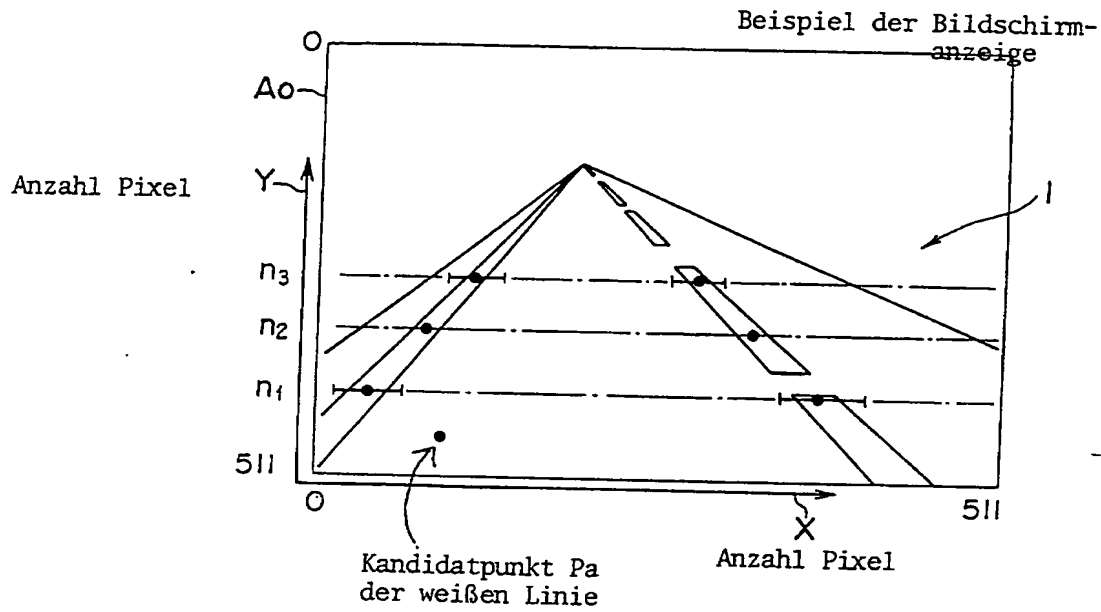


FIG. 3

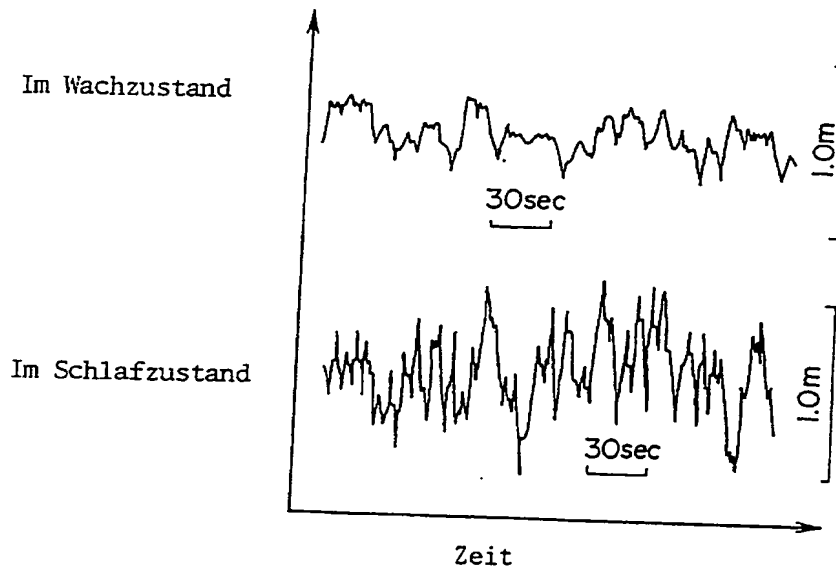


FIG. 4

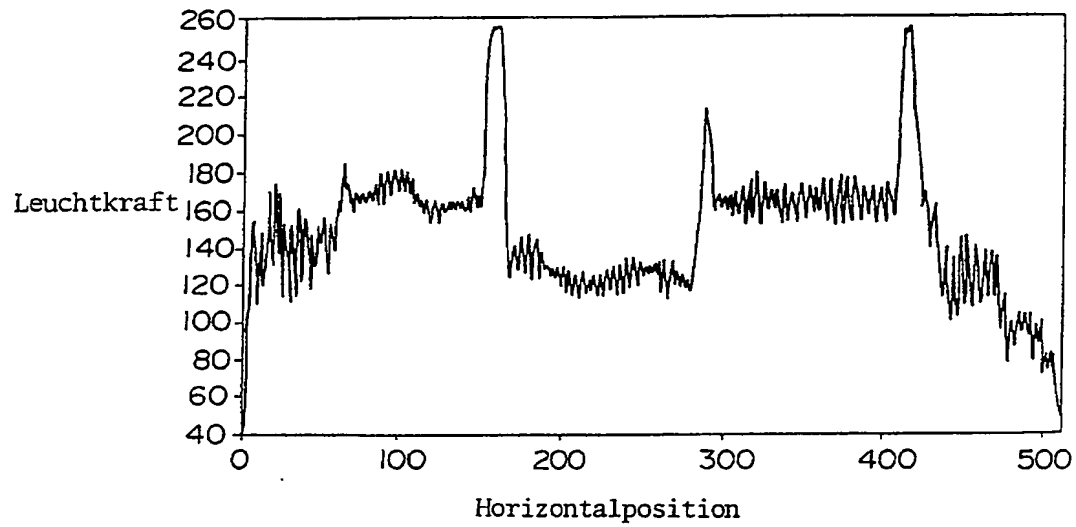


FIG. 5

Differenz zwischen Leuchtkräften

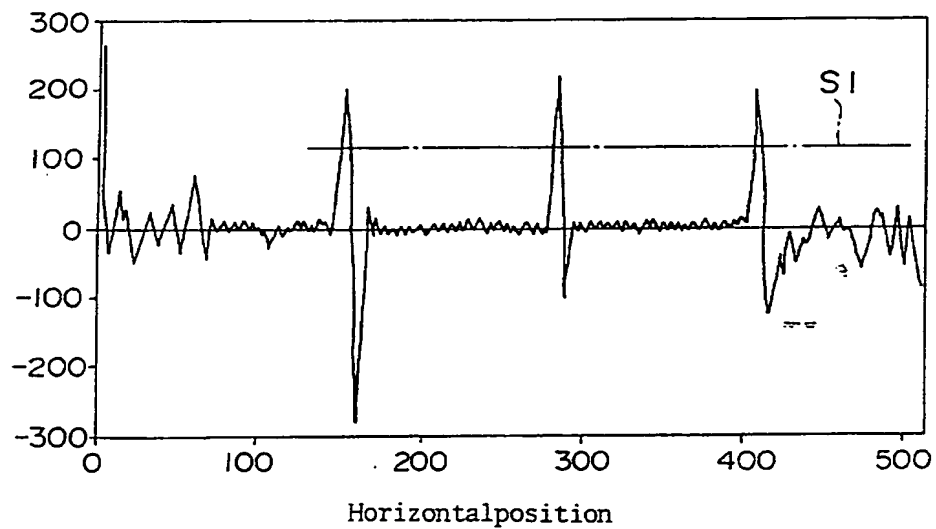


FIG. 6

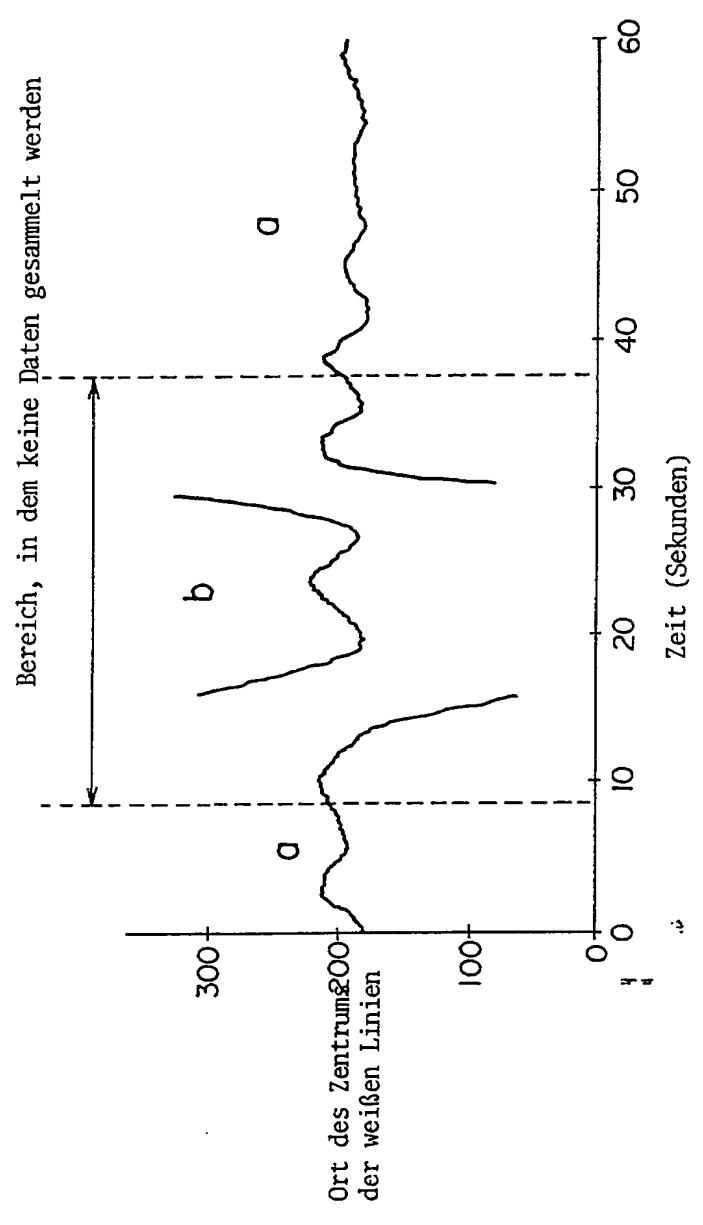


FIG. 7

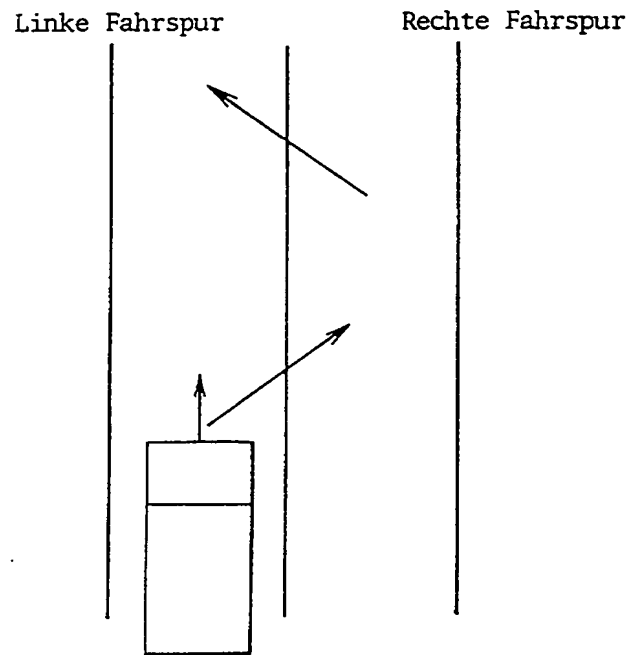
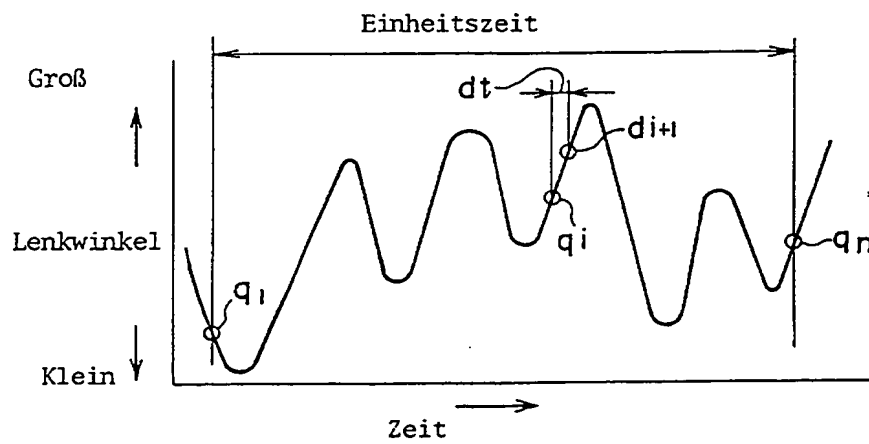


FIG. 8



(6/31)

FIG. 9

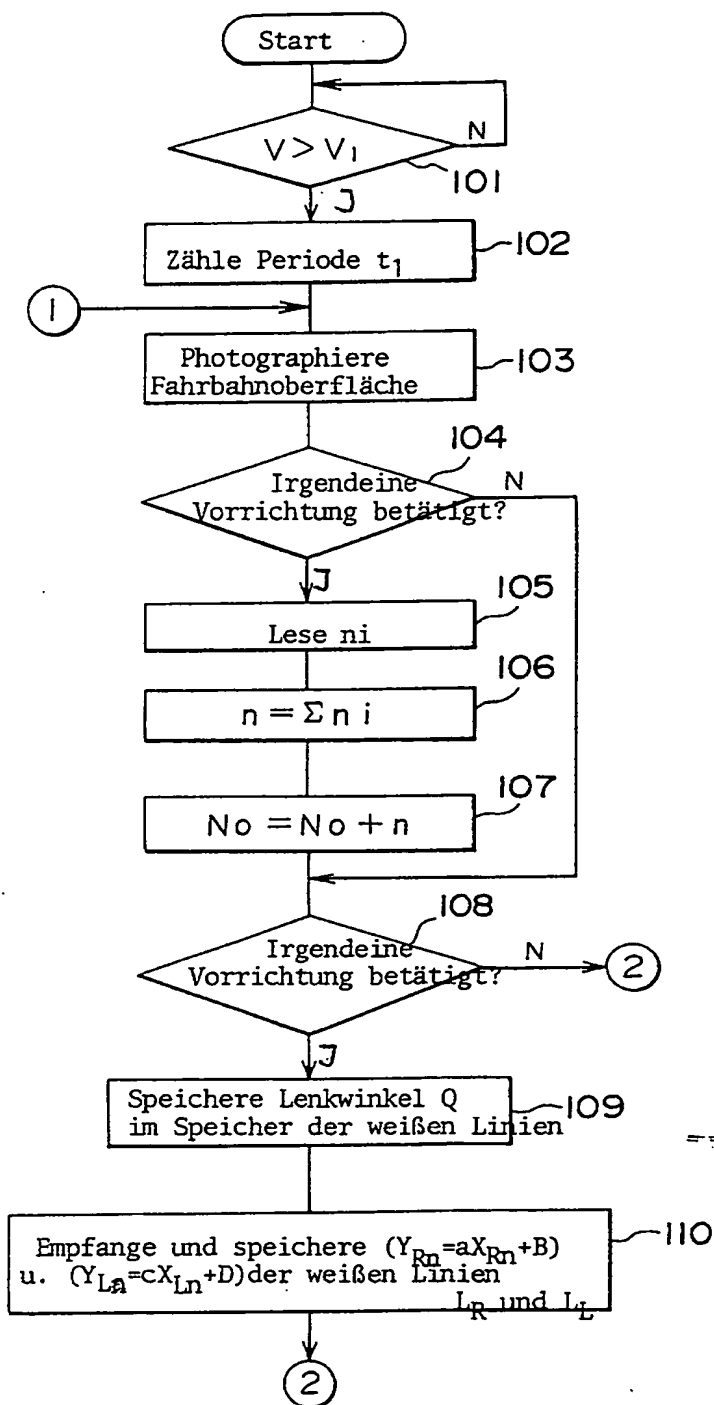


FIG. 10

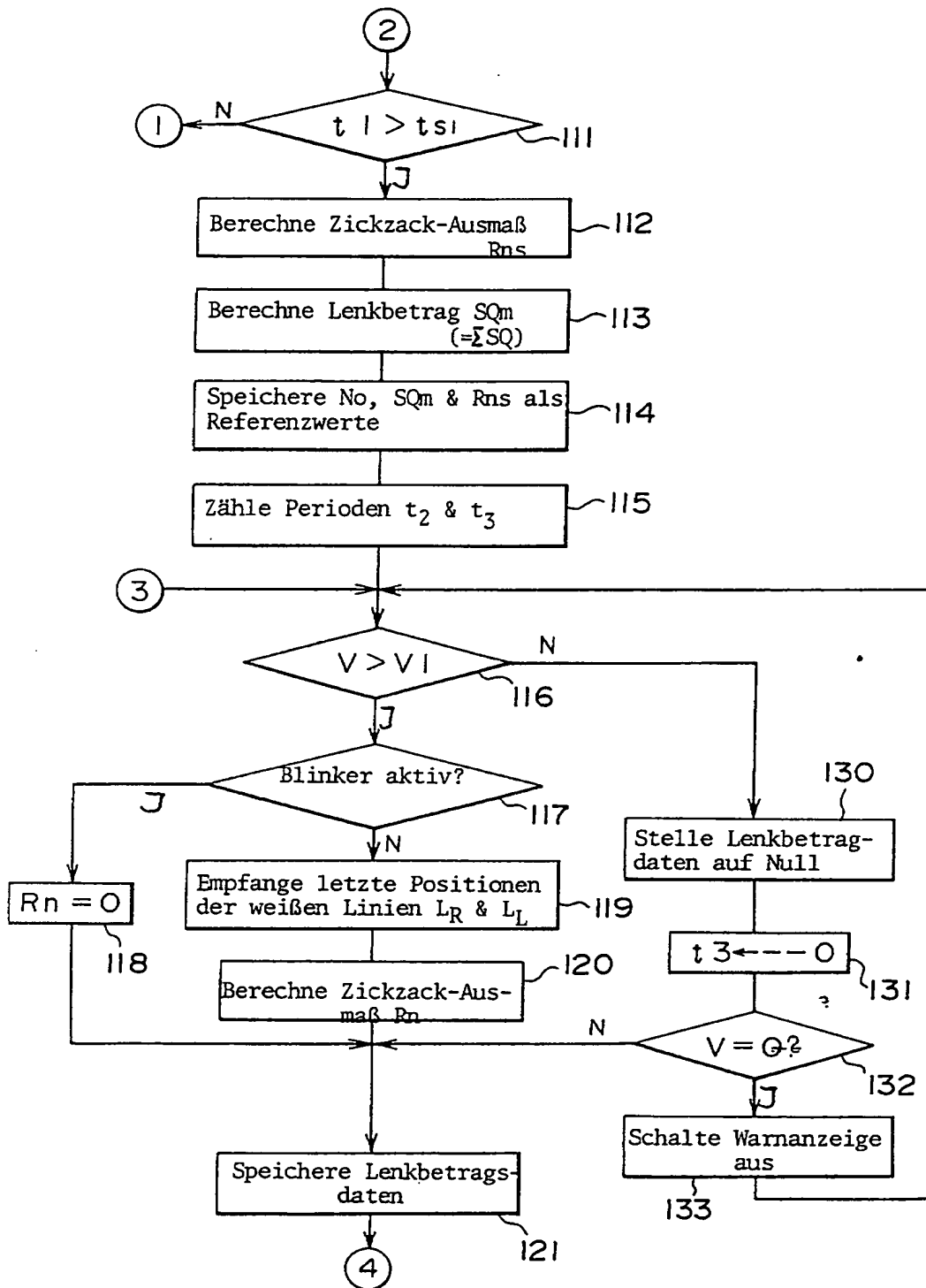




FIG. 11

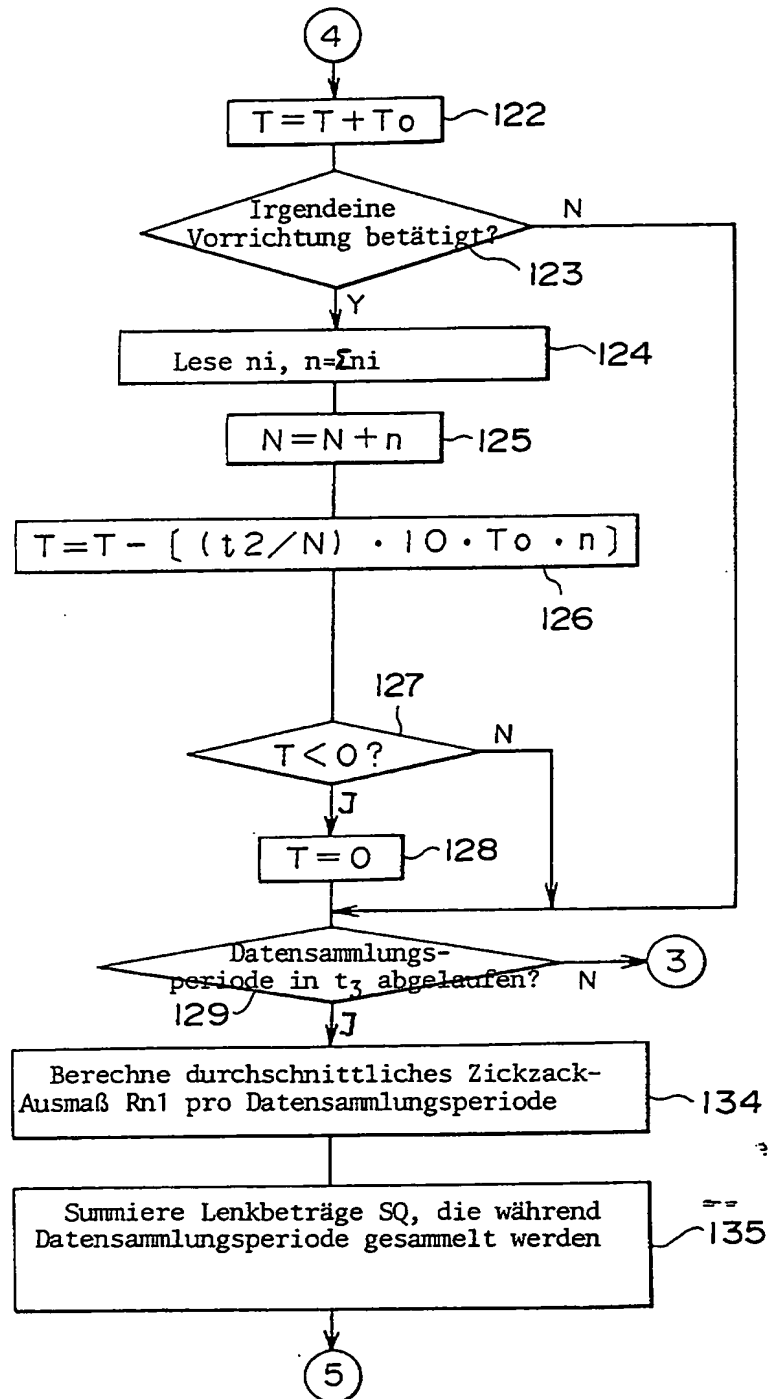


FIG. 12

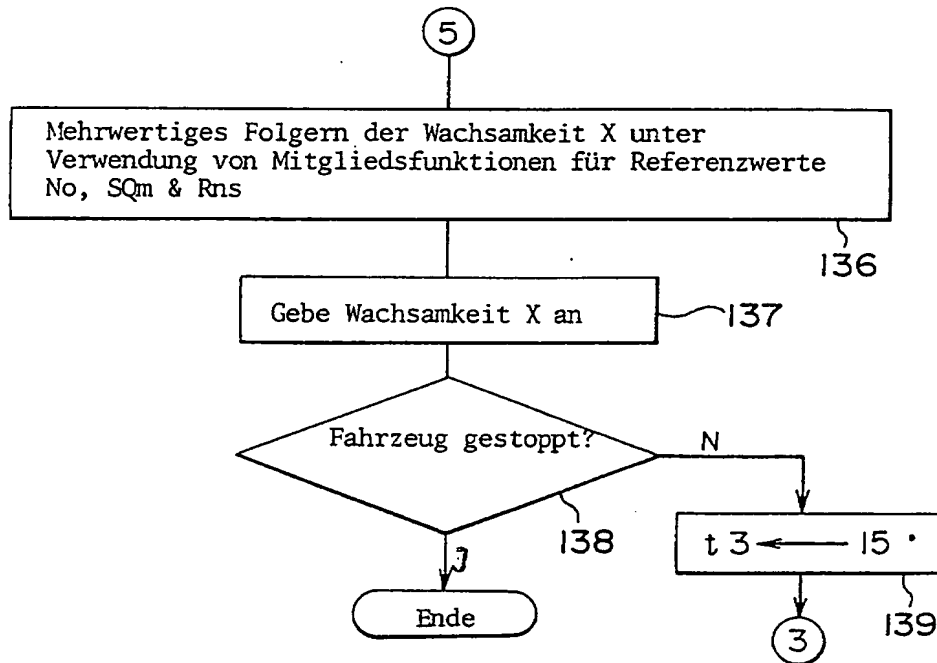


FIG. 13

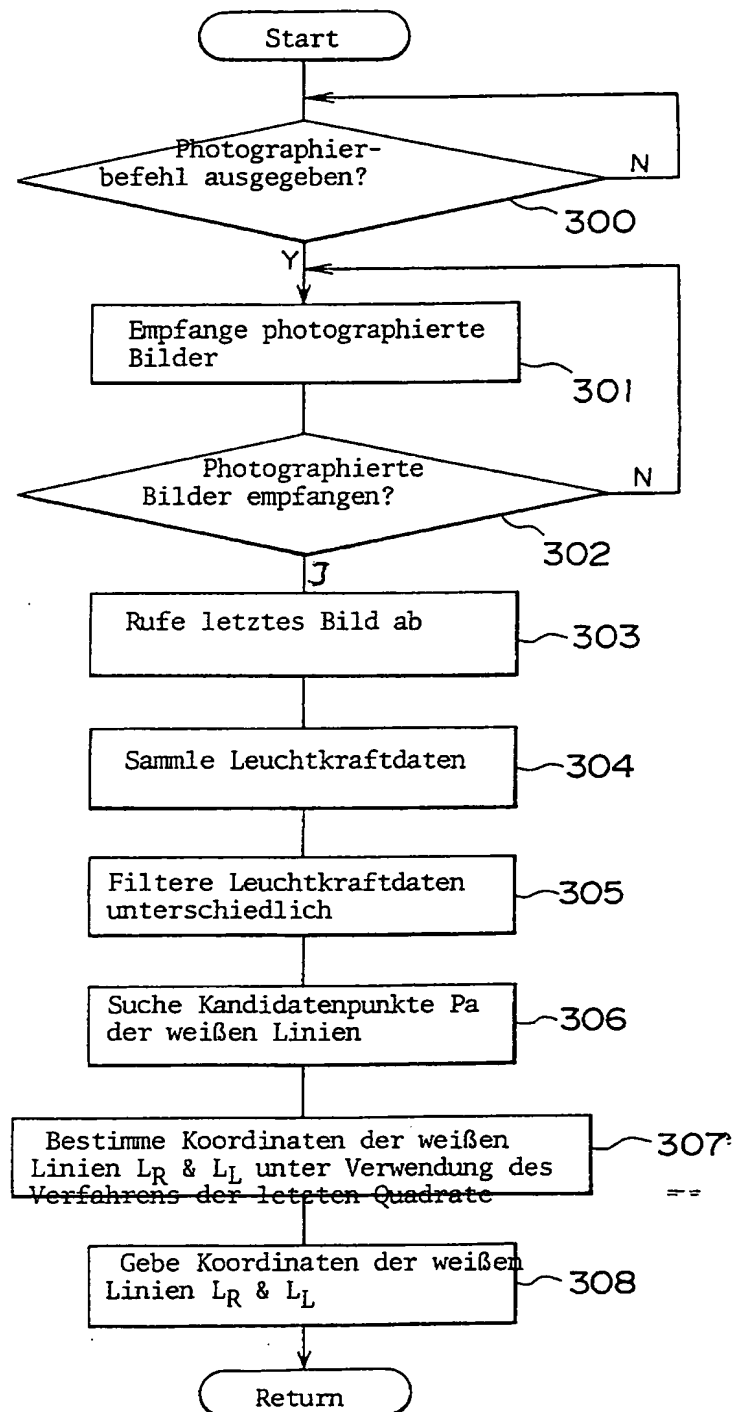


FIG. 14

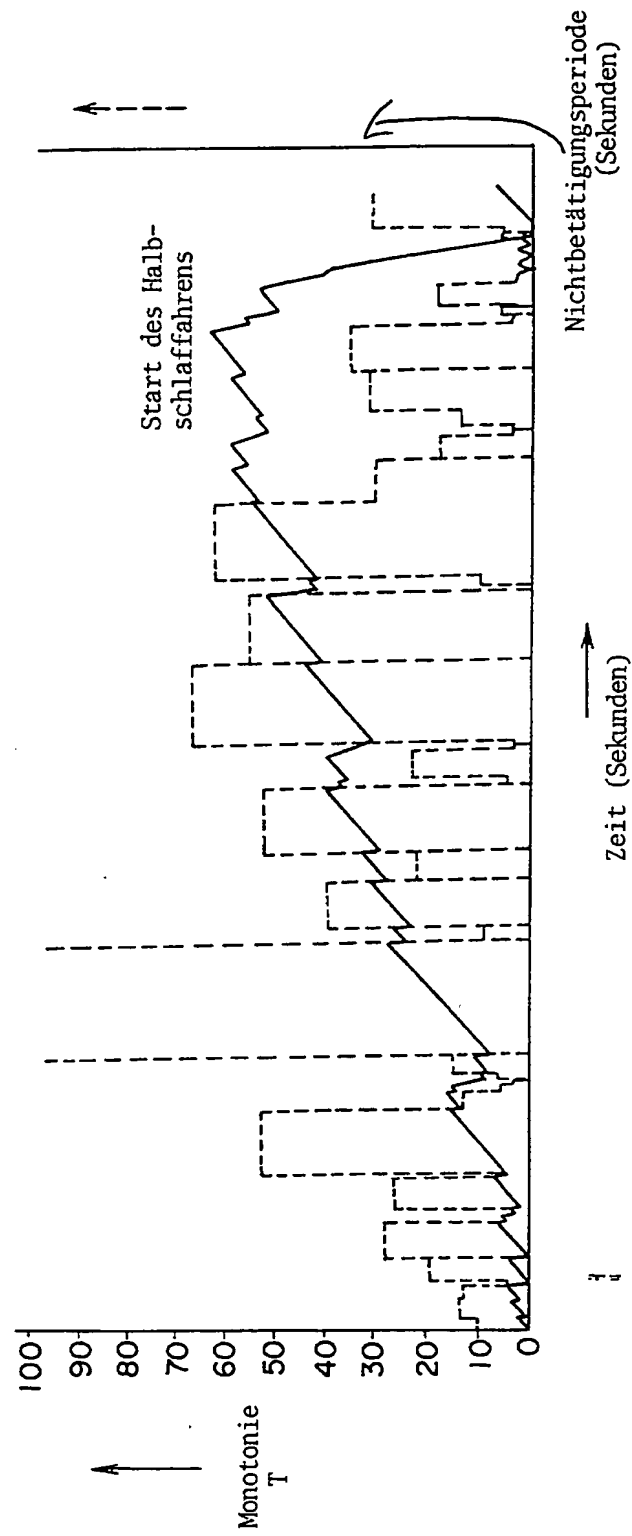


FIG. 15

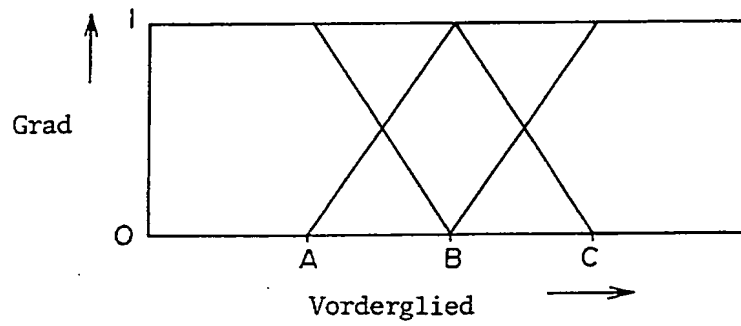


FIG. 16

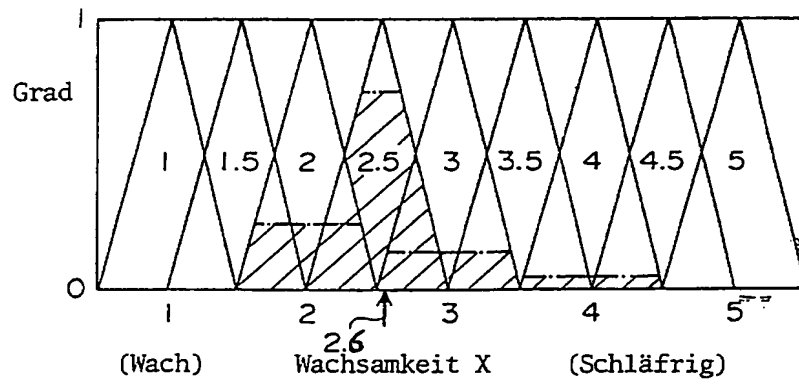


FIG. 17

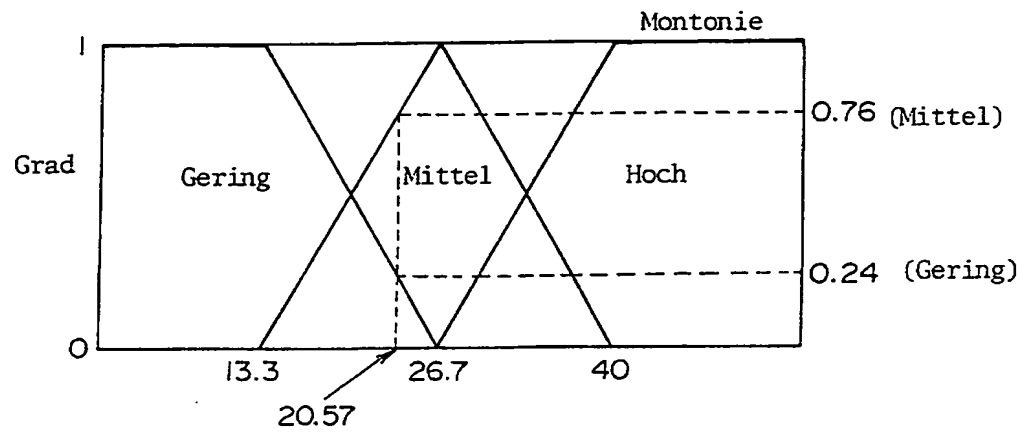


FIG. 18

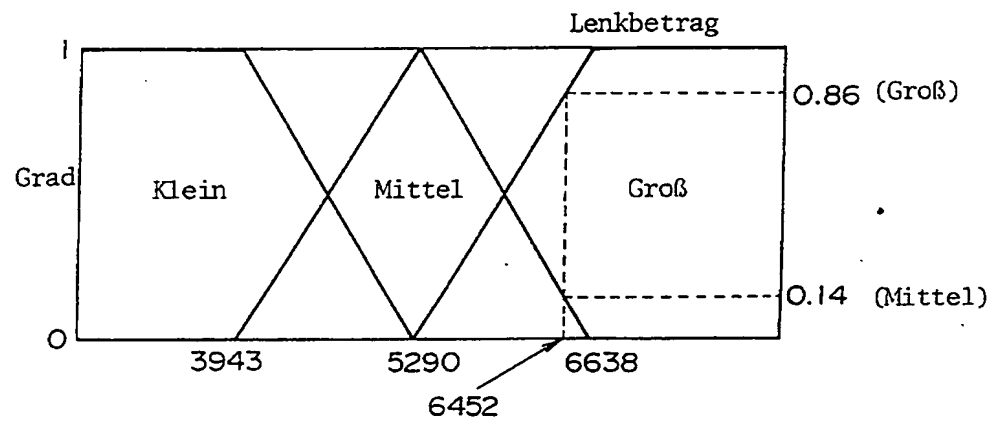


FIG. 19

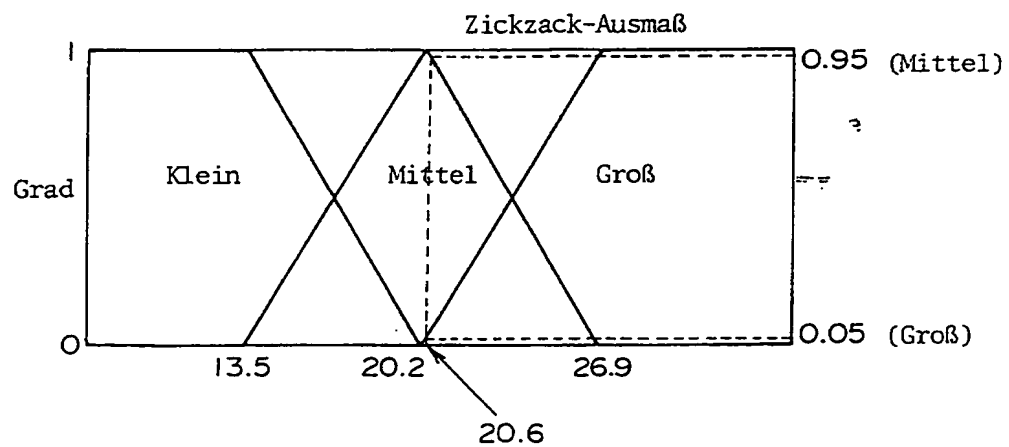


FIG. 20

Mehrwertige Vorschrift									
Monotonie	Hoch			Mittel			Klein		
Lenkbetrag									
	5.0	4.5	4.0	4.5	4.0	3.5	4.0	3.5	3.0
	4.0	3.0	2.5	3.5	3.0	2.5	3.0	2.5	2.0
Zick-zack-Ausmaß	3.0	2.0	1.5	2.5	2.0	1.5	2.0	1.5	1.0

Groß Mittel Klein

FIG. 21

Monotonie	0			0.76			0.24		
	0	0.14	0.86	0	0.14	0.86	0	0.14	0.86
Lenkbetrag	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	0	0	0	0	0.05	0.05	0	0.05	0.05
0.95	0	0	0	0	0.14	0.76	0	0.14	0.24
Zick- zack- Ausmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(15/31)

44 80 341

86



FIG. 22

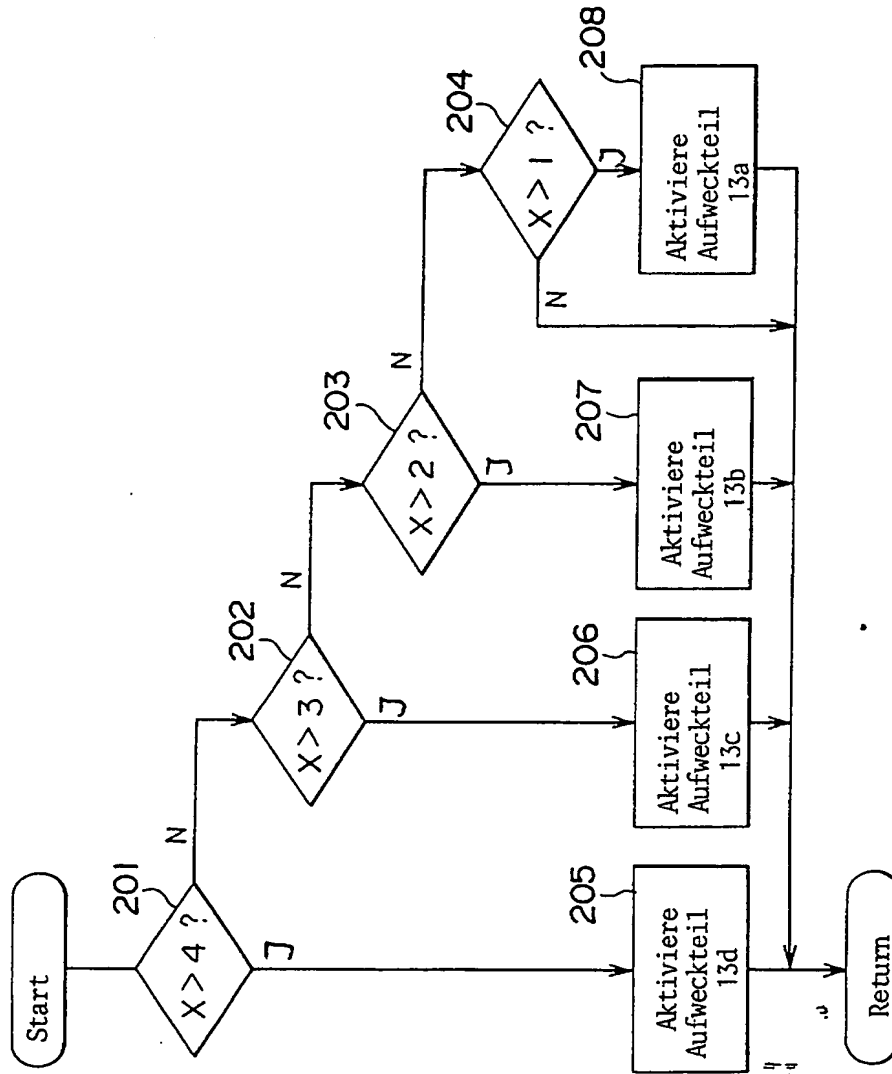


FIG. 23

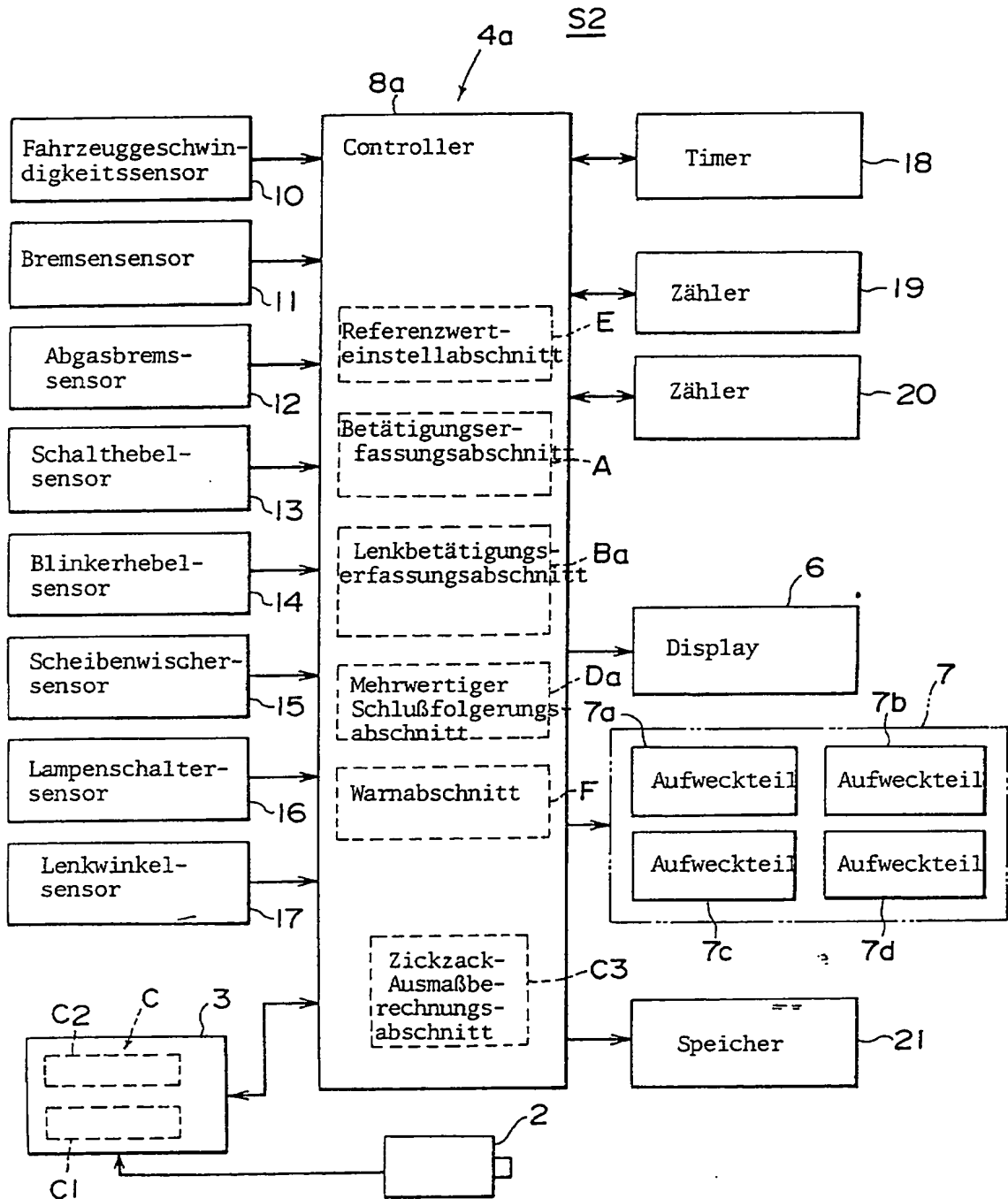


FIG. 24

(18/31)

44 80 341

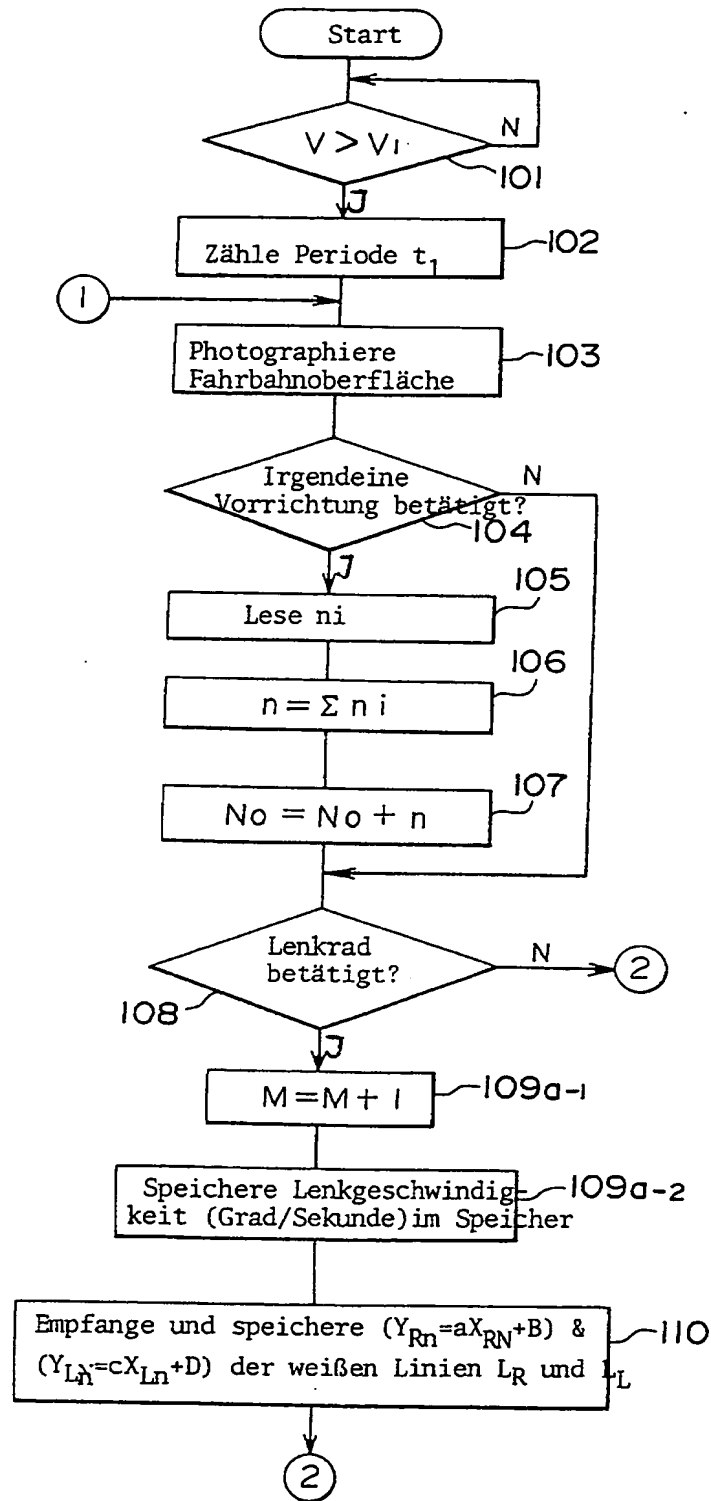


FIG. 25

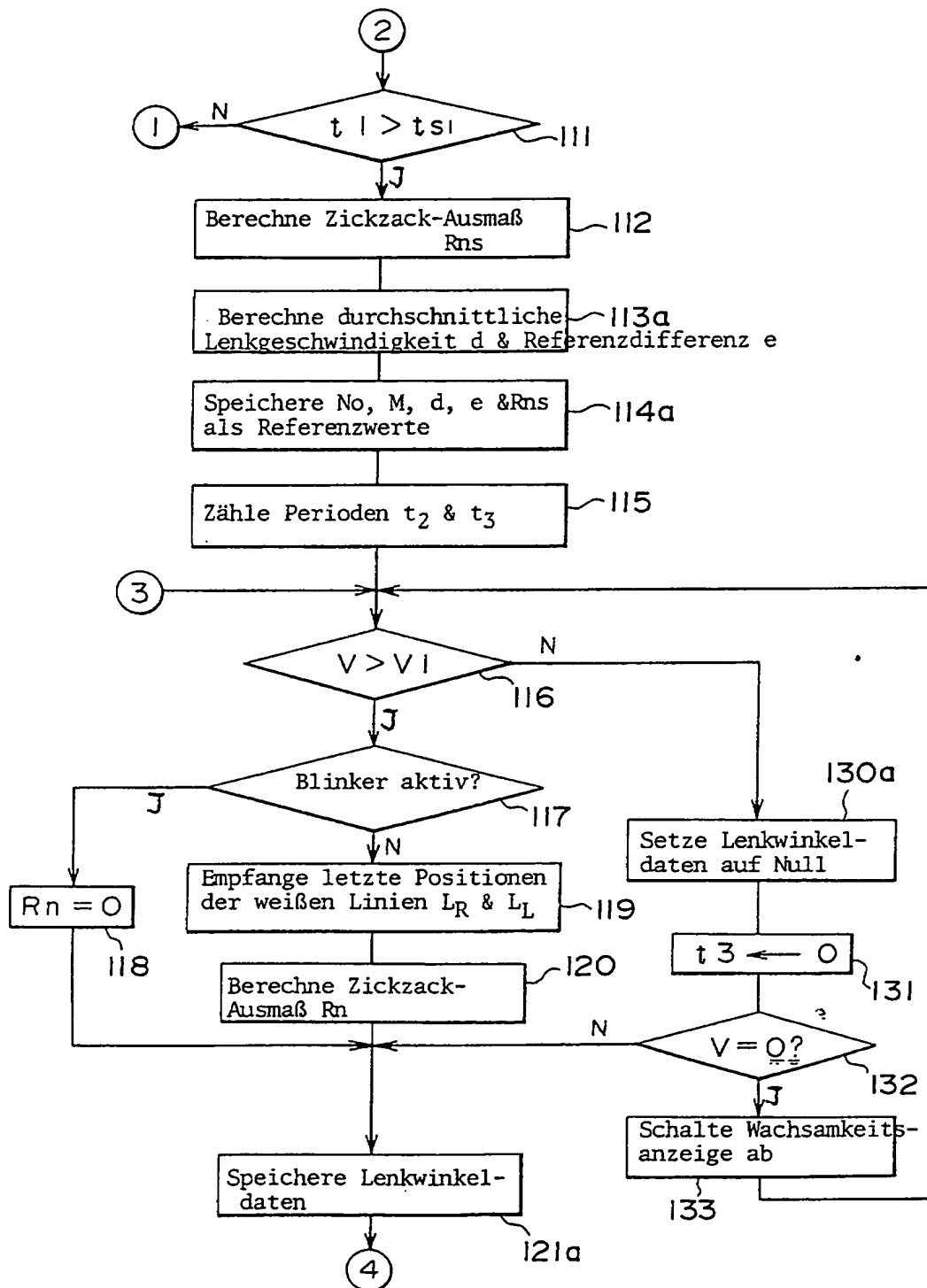
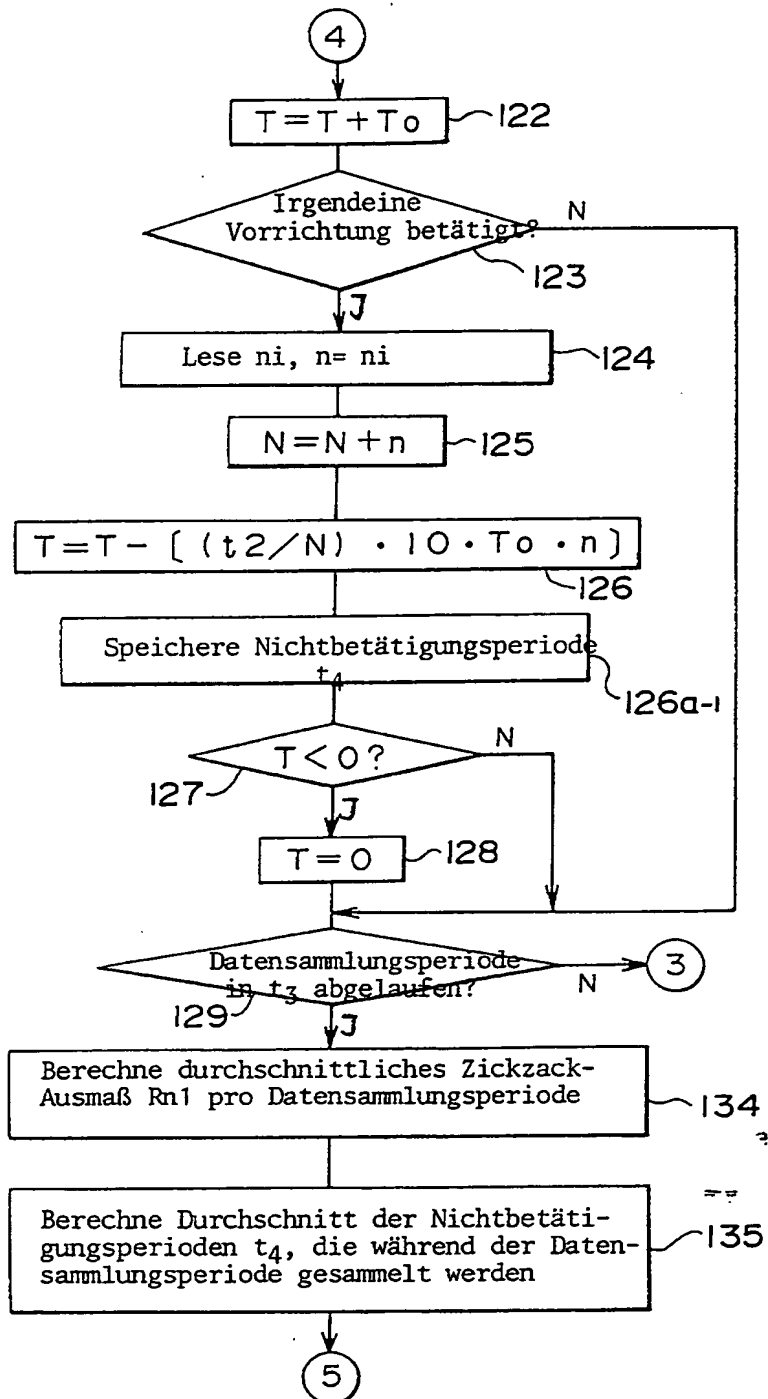


FIG. 26



(21/31)

FIG. 27

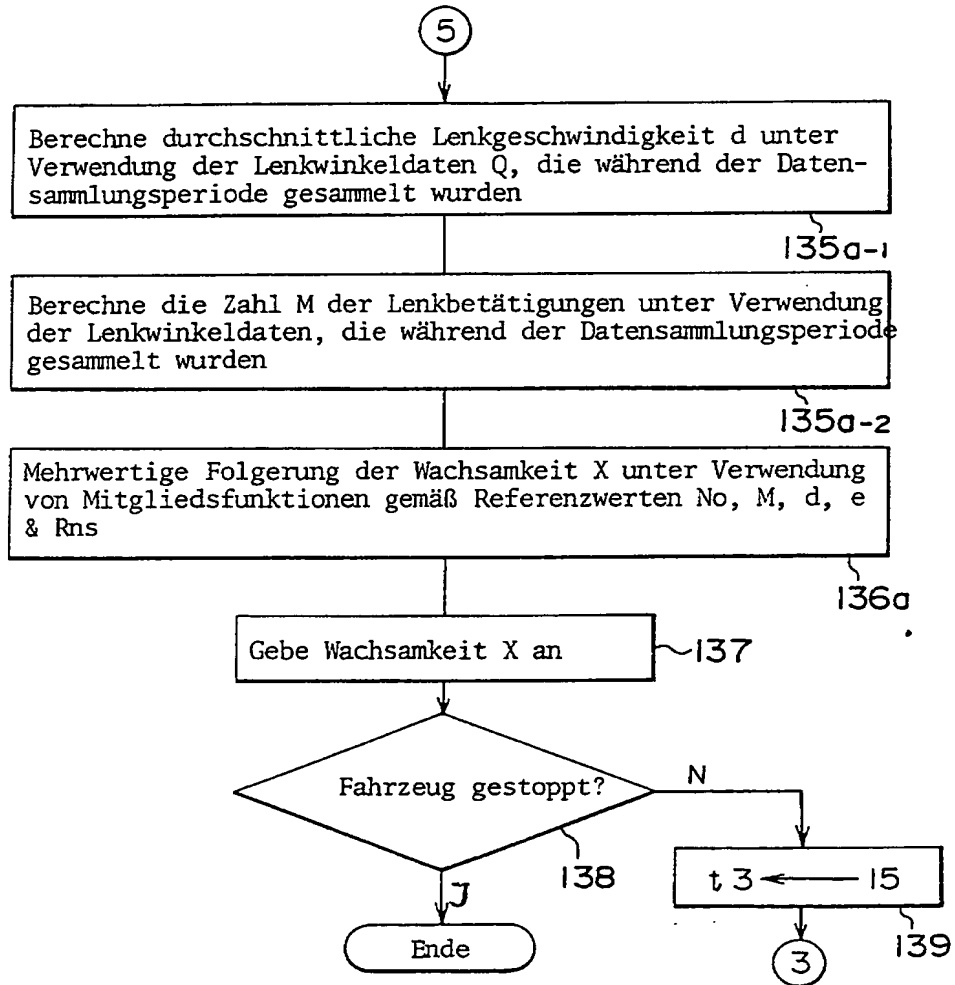


FIG. 28

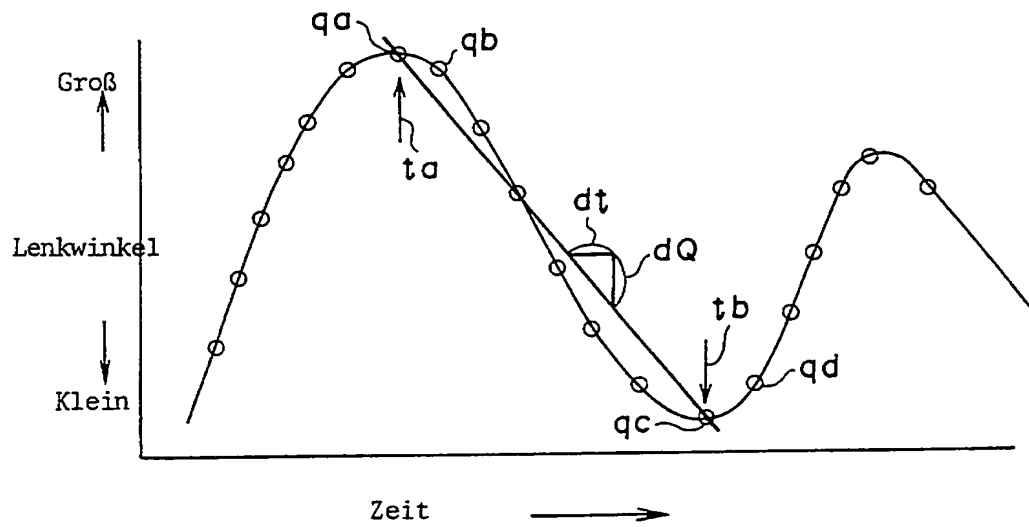


FIG. 29

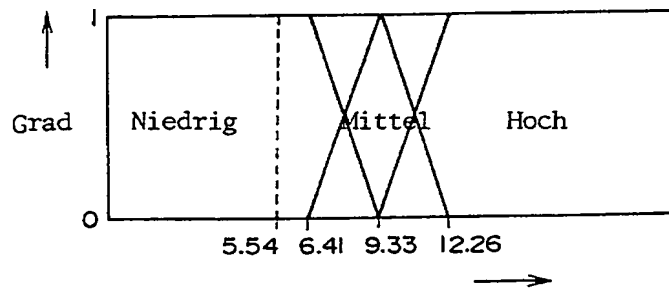
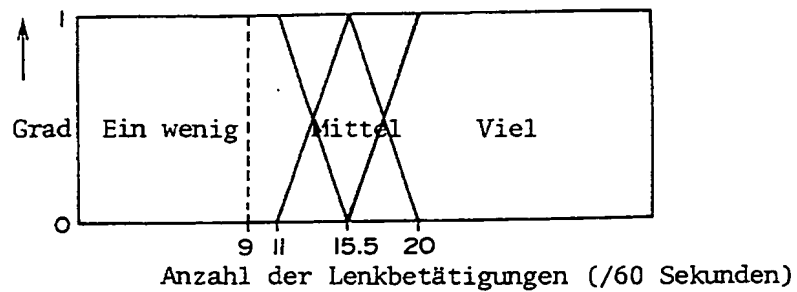


FIG. 30

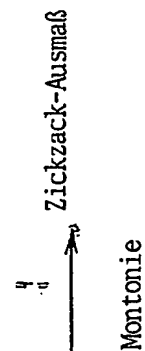


# FIG. 31

Mehrwertige Vorschrift

Wachsamkeit		Gering			Mittel			Hoch			Lenkgeschwindigkeit		
		Klein	Mittel	Groß	Klein	Mittel	Groß	Klein	Mittel	Hoch	Klein	Mittel	Hoch
Hoch	Groß	5	4.5	4	4	3.5	3	3	3	3	3	3	3
Hoch	Mittel	4.5	4	3.5	3.5	3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Hoch	Klein	4	3.5	3	3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mittel	Groß	4	3.5	3	3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mittel	Mittel	3.5	3	3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mittel	Klein	3	2.5	2.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Gering	Groß	3	2.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Gering	Mittel	2.5	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Gering	Klein	2	1.5	1.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(23/31)



94  
(23/31)

44 80 341



FIG. 32

Wachsamkeit	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0	0	0	0	0
	1.0	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0
0    0.05	0									
0    0.95	0									
0    0	0									
0.76   0.05	0.05									
0.76   0.95	0.76									
0.76   0	0									
0.24   0.05	0.05									
0.24   0.95	0.24									
0.24   0	0									

$\frac{q}{d}$  → Zickzack-Ausmaß  
 Monotonie →

FIG. 33

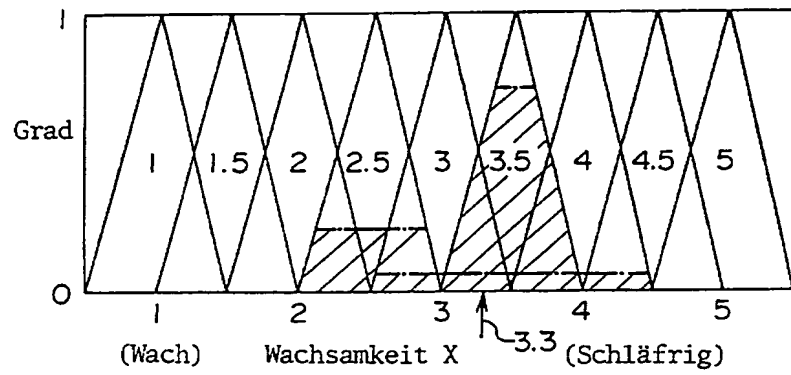


FIG. 34

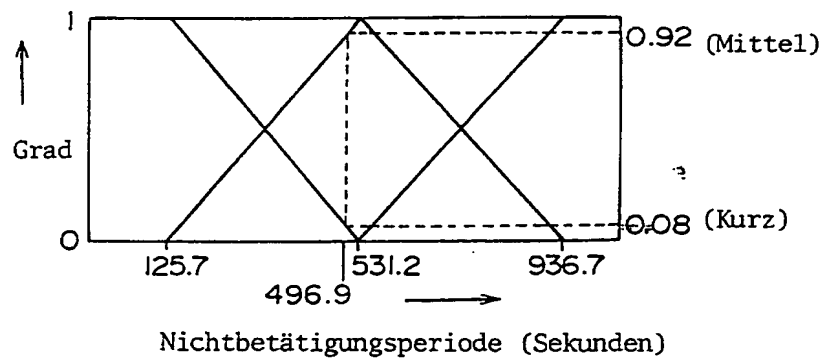


FIG. 35

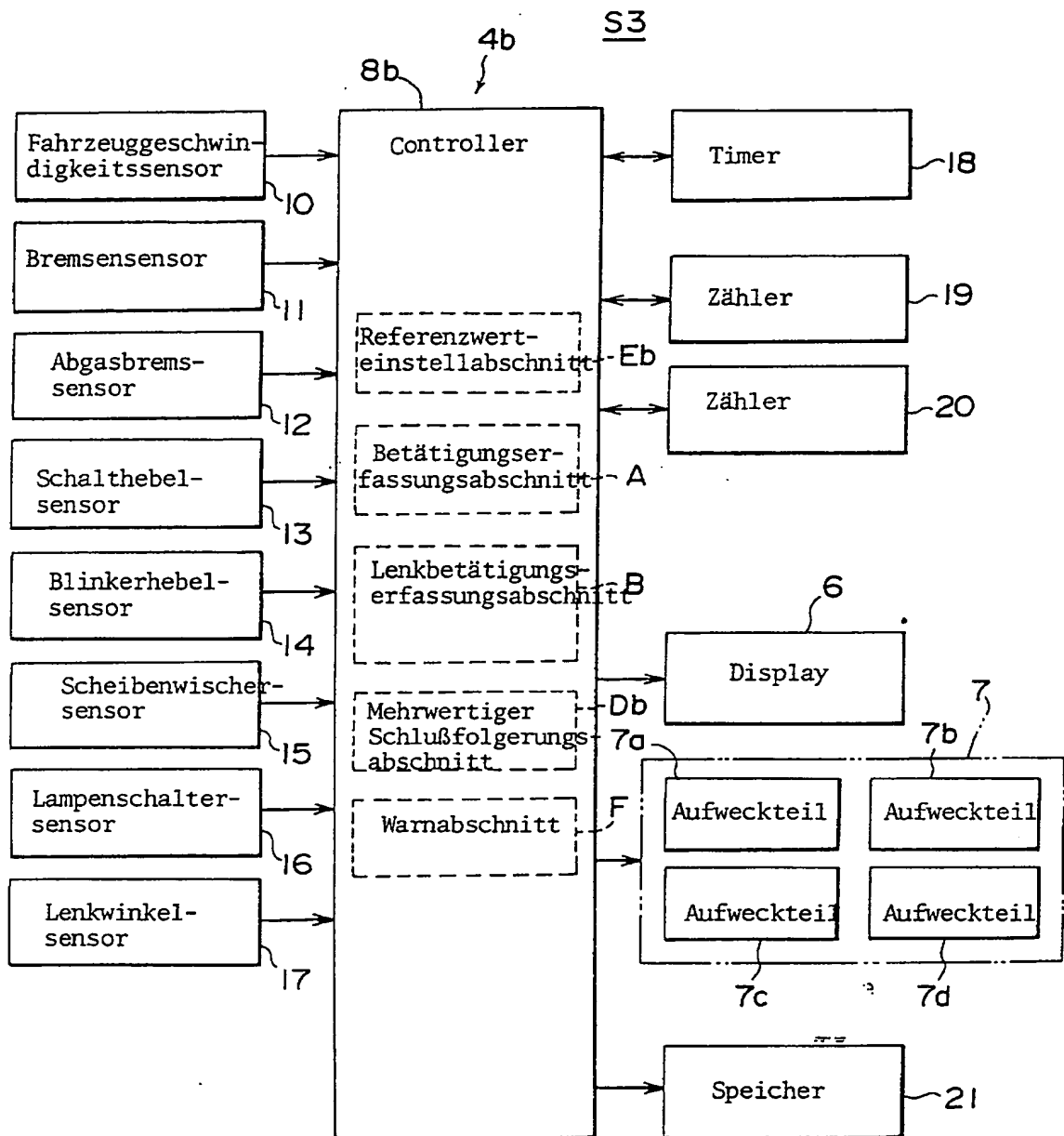


FIG. 36

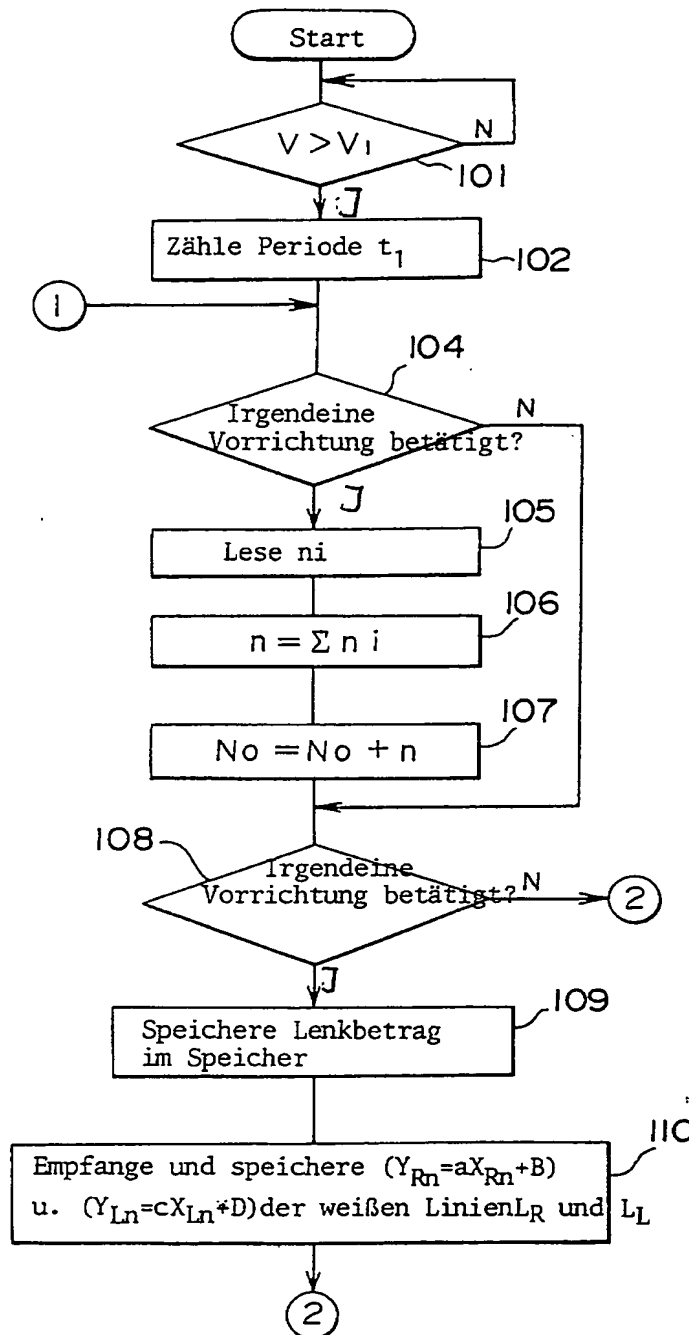


FIG. 37

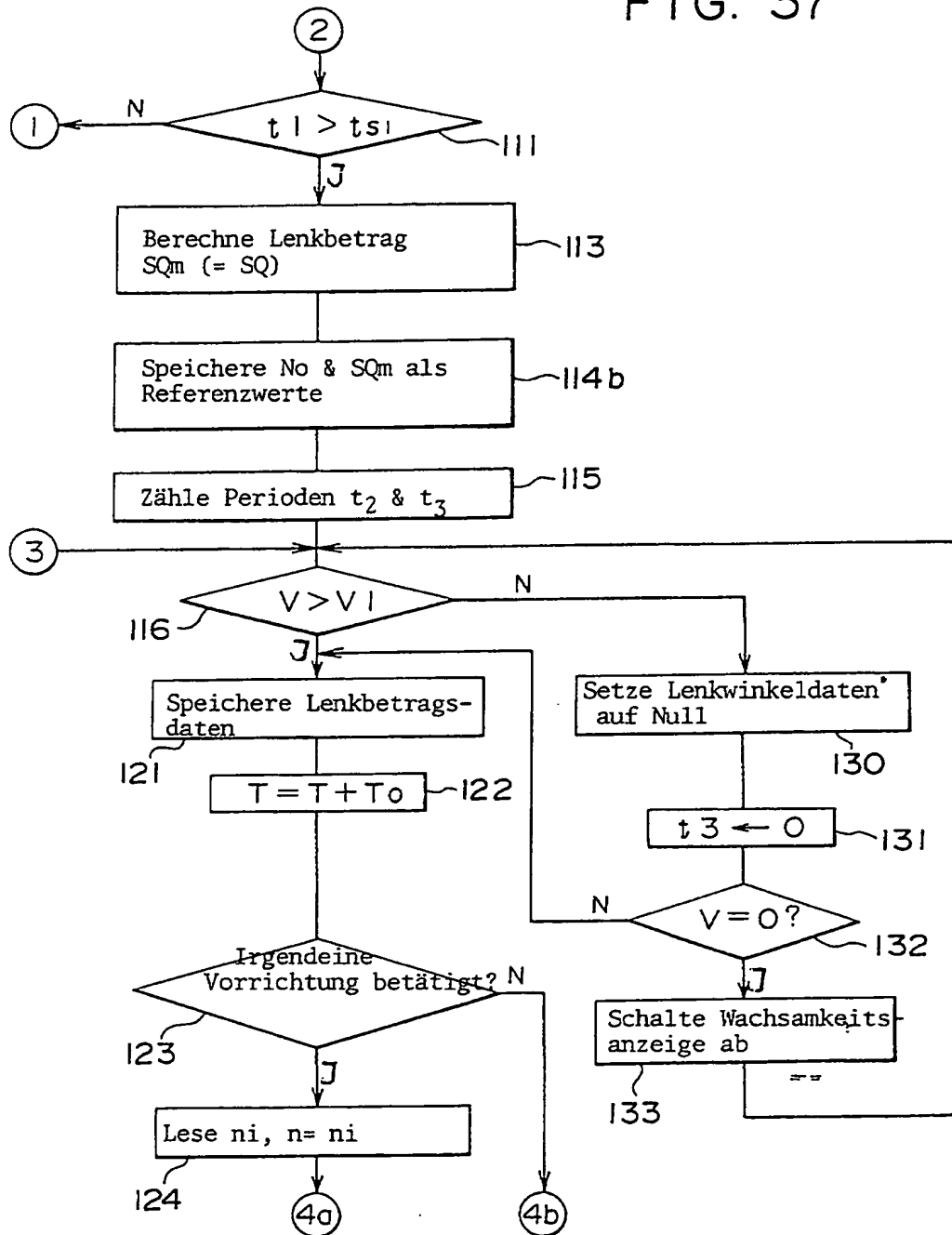
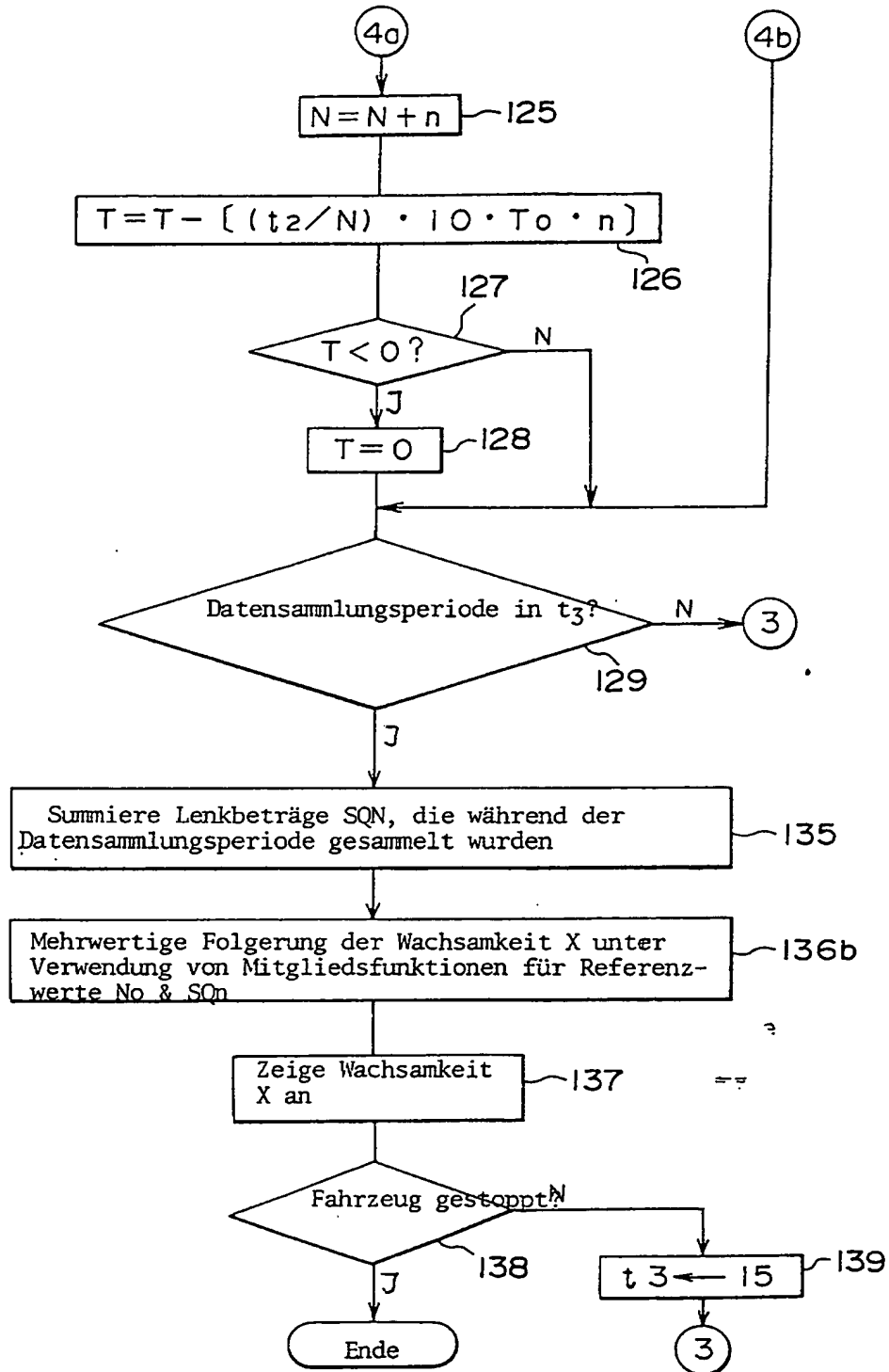


FIG. 38



101 .. .. .

(30/31)

44 80 341

FIG. 39

Mehrwertige Vorschrift

Monotonie Lenkbetrag	Hoch	Mittel	Gering
Klein	5.0	4.5	4.0
Mittel	3.5	<u>3.0</u>	<u>2.5</u>
Groß	2.0	<u>1.5</u>	<u>1.0</u>

FIG. 40

Monotonie Lenkbetrag	0	0.76	0.24
0	0	0	0
0.14	0	0.14	0.14
0.86	0	0.76	<u>0.24</u>

FIG. 41

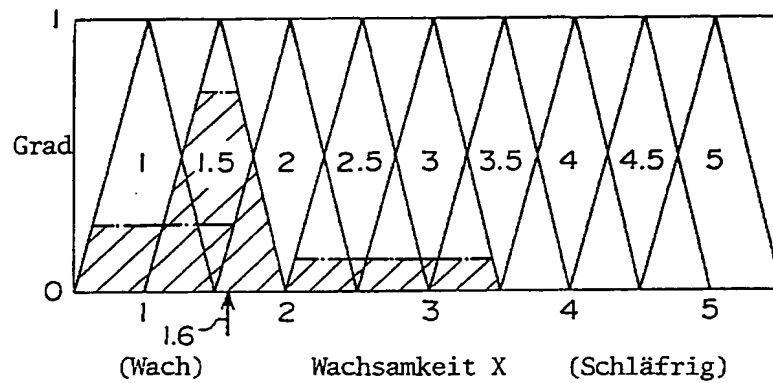


FIG. 42

